الفصل الخامس

حمولة مياه النيل من المواد الصلبة المذابة

تتباين بشكل كبير نسب المواد المذابة في مياه النيل حسب الفصل السنوي. إذ عادةً تكون أكبر بمقدر الضعف عندما يكون تدفق المياه ضعيفا في الصيف، وأقل في فصل الخريف عندما يكون الفيضان كبيرا. ولا تعتبر النسبة المتزايدة من المادة المذابة في الصيف نتيجة للتبخر وللتركيز، بل لأن الماء الذي دخل إلى التربة على كلا جانبي النيل خلال موسم الفيضان يعود إلى النهر في مرحلة التحاريق حاملًا معه من السهل الفيضي المواد الزائدة التي ذابت فيه.

هناك أيضاً اختلافات في نسب المادة الصلبة المذابة المحمولة أثناء الفصول المتماثلة في سنوات مختلفة، ويرجع ذلك إلى التغير في معدل سقوط الأمطار علي الحبشة وهضبة البحيرات الاستوائية.

وبالإضافة إلى هذه التغيرات الموسمية والسنوية الناتجة عن أسباب طبيعية بحتة، فإن نسب المواد الصلبة المذابة في النيل في أي مكان بمصر-في أي موسم بخلاف موسم الفيضان – لا بد أنها قد تأثرت إلى حد طفيف خلال الخمس وثلاثين سنة الأخيرة مع ازدياد درجة التحكم الاصطناعي التي خضع لها النهر.

فعلى سبيل المثال، نلاحظ أن المياه التي تمر بالقاهرة خلال أشهر أبريل ومايو ويونيو ويوليو لم تعد تتدفق الآن بالمعدل الطبيعي لجريان النهر، وصارت تحتوي على كميات إضافية من المياه أُطلقت من المخزون المحتجز وراء خزان أسوان. وبسبب هذه الزيادة الصناعية وقت التحاريق، وكذلك بسبب حجز قناطر الدلتا لمنسوب الماء الصيفي، فإن الفارق عند القاهرة بين منسوب مياه النيل وقت التحاريق ومنسوبها وقت الفيضان يصل الآن لحوالي 4,5 مترا فقط، وذلك بعدما كان الفارق بينهما ٧ أمتار في الماضي.

ونجد في جدول(٦) ملخصا لنتائج التقديرات الحسابية الرئيسية لنسب المادة الصلبة الكلية المذابة في النيل عند القاهرة. ويتضح من الجدول أنه رغم أن نسبة المواد المذابة في مياه النيل تكون أقل ما يمكن خلال موسم الفيضان، إلا أن الكمية الإجمالية اليومية من المادة الصلبة المذابة التي يحملها النهر أكبر بكثير في ذلك الموسم مقارنة بنسبتها خلال بقية العام، وذلك بسبب كمية المياه التي يحملها النهر خلال موسم الفيضان.

ويتضح ذلك في جدول (٧)، إذ يمدنا العمود الأول بمتوسط أحجام المياه بالمليون متر مكعب التي تمر على القاهرة يوميا خلال فترة الاثنين وعشرين عاما ١٩١٥- ١٩٣٦. ويمدنا العمود الثاني بمتوسط النسب التقريبية لإجمالي المواد الصلبة – بالأجزاء في المليون – في النيل عند القاهرة خلال نفس الفترة، وفي العمود الثالث (الذي تم الحصول على الأرقام الموجودة فيه عن طريق ضرب الأرقام الموجودة في العمودين السابقين) متوسط الكميات اليومية للمواد الصلبة المذابة المارة أمام القاهرة.

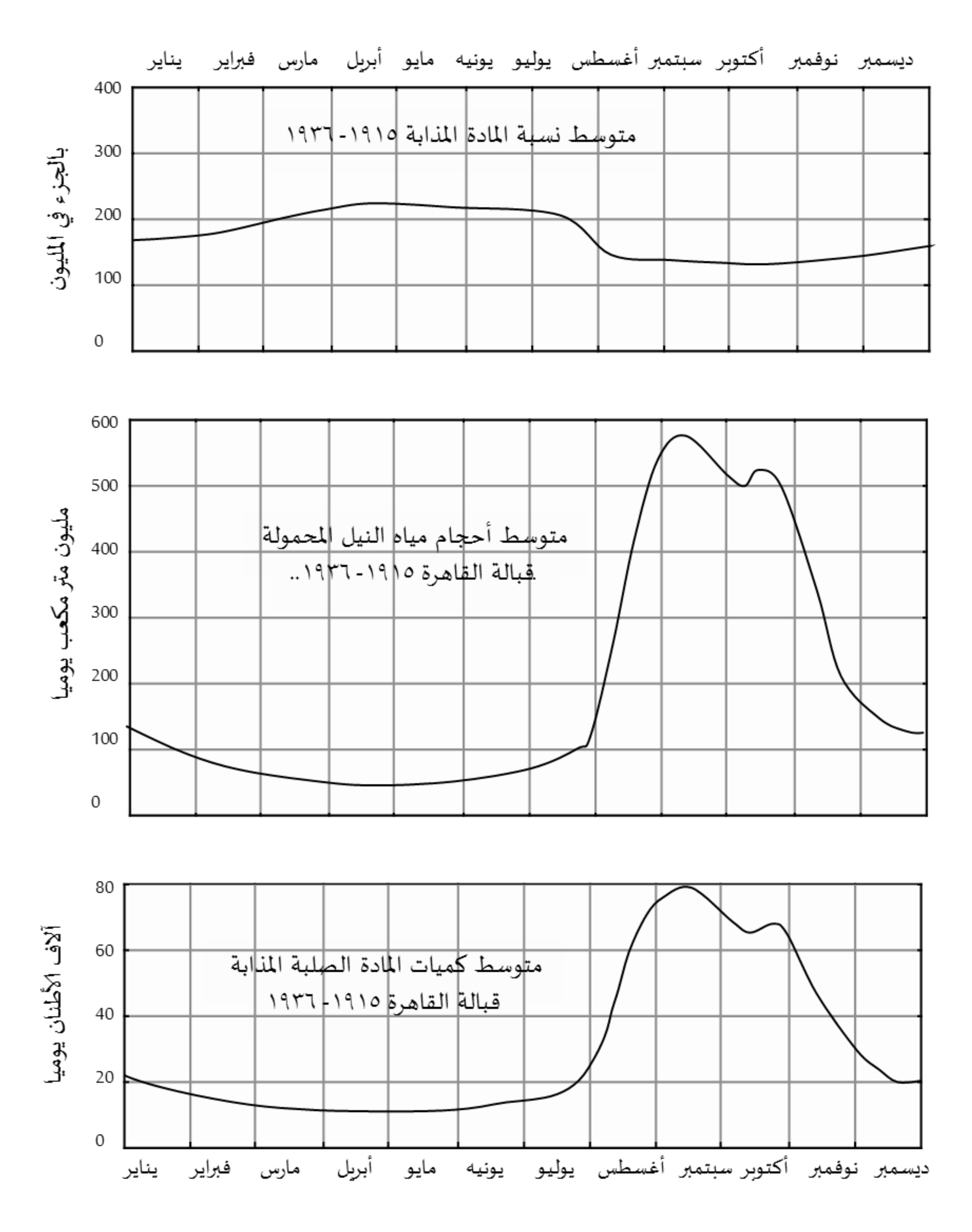
جدول (٦) إجمالي المواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة، جزء في المليون

الشهر	قياسات ليندي من عينات شهرية ١٨٧٤-١٨٧٥	قياسات بولارد (من عينات كل أسبوعين) ١٨٨٨-١٨٨٩	قياسات لوكاس (متوسط ٣ سنوات) من عينات شهرية ١٩٠٥-١٩٠٧	قياسات تود وآزاديان، من عينات شهرية ١٩١٥-١٩٢٦ (متوسط ١٢ عام)	قياسات زليناس (متوسط عامين) من عينات شهرية ١٩٢٩-١٩٣١	قياسات ويليامسون والأجيم، من عينات كل أسبوعين ١٩٣٣-١٩٣٦ (متوسط ٤ سنوات)	المتوسط التقريبي لـ ٢٢ عام (١٩١٥-١٩٣٦) حسبما استُنتج من الأرقام الموجودة في الأعمدة الثلاثة الأخيرة
	عام ١٨٧٥	**عام ١٨٨٩**					
يناير	١٤٥	١٣٦	١٥٩	١٦٤	١٦٦	١٥٤	١٦٢
فبراير	١٤٧	١٦٣	١٦٨	١٧٨	١٨١	١٦٤	١٧٥
مارس	١٧٨	١٩٩	١٨٦	٢٠٤	١٧٥	١٨١	١٩٦
ابريل	١٨٢	٢٤٤	٢١٦	٢٢٠	٢٢٠	٢٠٤	٢١٦
مايو	٢٠٥	٢٧٧	٢٢٤	٢٢١	٢٢٣	٢٠٢	٢١٧
	عام ١٨٧٤	**عام ١٨٨٨**					
يونيو	٢٠٣	٢٦٠	٢٢٦	٢٢١	١٩٦	١٩٤	٢١٢
يوليو	١٦٤	٢٦٣	٢٠٩	٢٠٣	١٦١	٢١١	٢٠٠
أغسطس	١٦٦	١٧٣	١٧٤	١٣٥	١٣١	١٥٨	١٤٠
سبتمبر	١٩٤	١٣٣	١٣٦	١٣٨	١٣٧	١٣٨	١٣٨
أكتوبر	١٥٩	١٢٤	١٣٠	١٣٢	١٣٦	١٣١	١٣٢
نوفمبر	١٥٠	١٣١	١٤٢	١٣٦	١٥٣	١٣٧	١٣٨
ديسمبر	١٥٣	١٣١	١٤٣	١٥٥	١٧١	١٤٢	١٥٤
متوسط الاثني عشر شهراً	١٧٠	١٨٦	١٧٦	١٧٥	١٧١	١٦٨	١٧٣

جدول (٧) تقدير متوسط الكميات اليومية من المادة الصلبة المذابة التي يحملها النيل قبالة القاهرة ١٩١٥- ١٩٣٦

الشهر	معدل تدفق النيل قبالة القاهرة بالمليون متر مكعب في اليوم	متوسط نسبة إجمالى المادة الصلبة المذابة، بوحدة وزن بالجزء في المليون	متوسط كمية المواد الصلبة المذابة المحمولة قبالة القاهرة، بالطن في اليوم
يناير	١٠٢	١٦٢	16,500
فبراير	٧٨	175	13,600
مارس	٥٧	196	11,200
ابريل	٤٨	216	10,400
مايو	٤٨	217	10,400
يونيو	٦١	212	12,900
يوليو	٨٦	200	17,200
أغسطس	٣٦٥	140	51,000
سبتمبر	٥٥٤	138	76,500
أكتوبر	٥٠٩	132	67,200
نوفمبر	٣٠٩	138	42,600
ديسمبر	١٤٠	154	21,600
المتوسط اليومي خلال شهور الفيضان (اغسطس – نوفمبر)			**59,300**
المتوسط اليومي خلال بقية السنة			**14,300**
المتوسط اليومي للسنة بأكملها			**29,300**

كما تعرض المنحنيات في شكل (٢٥) مسارات التغيرات خلال إحدى سنوات تلك الفترة. ومنها يتضح كيف تنوعت كمية المواد الصلبة المذابة المنقولة بدءً من حد أدنى يبلغ حوالي ١٠ آلاف طن في اليوم في أبريل ومايو إلى حد أقصى يبلغ حوالي ٧٦ ألف طن في اليوم في سبتمبر، وتبلغ المتوسطات لأشهر الفيضان (أغسطس-نوفمبر) حوالي ٥٩,٣٠٠ طن/يوم ولبقية السنة ١٤,٣٠٠ طن/يوم ، ويبلغ المتوسط العام للسنة حوالي ٢٩,٣٠٠ طن يوميا، وذلك يعادل إجمالي سنوي بمقدار ١٠.٧ مليون طن.



شكل٢٥: منحنيات بيانية تبين نسب المادة الصلبة المذابة التي يحتويها النيل عند القاهرة، وكمية المياه التي يصرفها النهر، وكميات المادة الصلبة المذابة المحمولة قبالة القاهرة علي مدار سنة وسيطة من الفترة ١٩١٥-١٩٣٦. (الارتفاع الذي يحدث في تصريف النهر عند القاهرة في أكتوبر سببه تفريغ حياض الري بصعيد مصر).

تركيب المادة المذابة

شغلت المادة الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة اهتمام العديد من الكيميائيين، وفي غضون الستين عاماً الماضية أُجريَت المئات من التحليلات من أجل التأكد من طبيعة ونسب العناصر العديدة التي تتكون منها هذه المواد الصلبة المذابة وتباينها عبر الفصول المختلفة من السنة. لكن معظم هذه التحليلات كانت بعيدة عن الكمال، وعلى الرغم من أن النتائج التي تم التوصل إليها عن طريق العديد من الكيميائيين في فصول متماثلة من العام تُظهر درجة معتدلة من التوافق لبعض العناصر الأساسية؛ فإنها تتباين فيما يختص بعناصر أخرى، وذلك بسبب الطريقة الخاطئة في أخذ العينات في بعض الحالات، وبسبب استخدام طرق تحليلية غير دقيقة في حالات أخرى.

وللحصول على معرفة دقيقة بقدر الإمكان عن النسب الصحيحة للمواد المتعددة التي تتكون منها المادة المذابة عند فصول مختلفة من السنة، سيكون بالتالي من المستحسن أن ندرس بشكل نقدي التحليلات الأساسية التي أجريت على فترات متعددة، ونطرح جانبا كل الحسابات التي اتضح لنا أنها غير موثوق بها.

إن أول تحليل منشور عن مياه النيل الذي استطعت التقصي عنه هو تحليل شديد الدقة وشبه كامل أجراه دكتور أوتّو بوب في عام ١٨٧٠[١].

. أُخذت العينة التي تم تحليلها من النهر عند نقطة تقع في حدود ١٠ كم داخل نيل القاهرة، قريبة من قصر الأمير سعيد حليم، وأُجري التحليل في مكان أخذ العينة بالمعمل الخاص بالأمير، والذي وُضع تحت تصرف بوب من أجل هذا الغرض. لم يتم تحديد التاريخ الذي أُخذت فيه تلك العينة، ولكن هناك احتمال أن ذلك كان في أحد أيام شهر أغسطس أو سبتمبر عام ١٨٧٠. تُركت العينة لمدة يومين من أجل ترسب المادة العالقة، ثم جرى ترشيحها. كان الماء المترشح لا يزال لونه براقا، ولم يختفِ لونه حتى بعد إعادة ترشيحه.

وجد بوب أنه لو ترك الماء المفلتر على حاله كما هو لمدة أطول، فإن الشوائب كانت تترسب منه فيما بعد، وهي تتكون من حمض سيليكي مخلوط بمادة عضوية وبعض أملاح الكالسيوم والمغنسيوم، ولذلك فقد رأى أن مياه النيل - كسائل – تخضع لتحلل مستمر. وقد أرجع أن ذلك مسؤول – بفضل قوة امتصاص التربة للمواد المذابة – عن الخصوبةَ الكبيرة للأرض التي ظلت المياه عليها لفترة طويلة في كل فيضان سنوي[٢].

تعرض الماء المفلتر الذي خُصص للتحليل للتبخر في أحواض بلاستيكية على حمام مائي ساخن، وجف تماما عند درجة حرارة ١٠٠ درجة مئوية. تبخرت عشرة لترات من الماء بهذه الطريقة ونتج عنها مخلفات صلبة وزنها ١.٤٣١ جم، وخمسة لترات إضافية تم التعامل معها بنفس الطريقة خلفت شوائب صلبة وزنها ٠.٧٠٤٥جم، ومن ثم فإن متوسط المياه المفلترة قد احتوى على مكونات صلبة قدرها ١٤٢ جزء في المليون. في جدول (٨) نرى نسب المواد المتعددة الموجودة في البقايا الصلبة بعد حسابها بناءً على الأرقام التي سجلها بوب.

جدول (٨)

	النسبة المئوية للبقايا الناتجة عن التبخر	الأجزاء في المليون الموجودة في الماء
كالسيوم	١١.١٧	١٥.٩
مغنسيوم	6.20	8.8
صوديوم	11.02	15.6
بوتاسيوم	2.74	3.9
حديد	1.56	2.3
كربونات	30.21	42.9
كلور	2.37	3.4
كبريتات	3.31	4.7
فوسفات PO_4	0.51	0.7
ثاني أكسيد السليكون	14.15	20.1
مادة عضوية وأملاح أمونيوم	12.02	17.0
مواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	4.74	6.7
	١٠٠.٠٠	١٤٢.٠

بالإضافة الى المكونات المذكورة بالأعلى، وجد بوب كمية ضئيلة من حمض النيتريك وكذلك آثاراً ضئيلة من الزرنيخ. وبخلاف ذكره أن آثار الزرنيخ قد كشفها فقط اختبار مارش؛ لم يصف بوب طرق التحليل التي استخدمها، ولكنه يذكر فقط أنها كانت الطرق الاعتيادية التي كان استخدامها شائعاً في ذلك الوقت. وفي اعتقادي، أنه من الأكيد عملياً أن كل حساباته – ماعدا تلك الخاصة بالكلورين – قد تمت بطريقة قياس الثقل النوعي. وبهذا الخصوص فإن نسبة حمض الكربونيك التي وجدها بوب تعد ذات أهمية خاصة، حيث إنها تمثل التقدير الكمي الوحيد الموثوق المنشور في بحث علمي حتى اليوم عن هذا المكوّن من مياه النيل.

وعموماً، قدّر الباحثون الذين جاءوا لاحقا نسبة أملاح الكربونات إما بطريقة الفرز أو بطريقة مقياس القلوية، ومن المعروف الآن أن هذه الطريقة غير قادرة على الخروج بنتائج صحيحة في حالة تطبيقها علي مياه النيل، بسبب التضارب الناتج عن تأثير السيليكات المنحلة. ومع ذلك، فإن نسبة "المادة العضوية وأملاح الأمونيوم" التي قاسها بوب تبدو شديدة الارتفاع. في الواقع، يمثل الرقم الذي توصل إليه

بخصوص النسب المشتركة لهذين المكوّنين بلا شك فقدان الوزن عند تعرضهما لاشتعال خفيف، وهذا الفقدان في الوزن معروف الآن على نطاق واسع أنه نتيجة تبخر المحتوى المائي الموجود مع ثاني أكسيد الكربون من الجزء المعدني من بقايا العينة. وبفحص التحليلات الأخيرة، نكتشف أن النسبة الصحيحة للمادة العضوية في العينة التي حللها بوب ربما كانت حوالي ١% فقط، وتلك الخاصة بأملاح الأمونيوم كانت حوالي كسر مئوي من ١% فقط، وذلك من إجمالي المواد الصلبة المذابة.

وقد أُجريت لاحقا سلسة من التحليلات بطريقة أقل تفصيلا، لكنها تغطي فترة ١٢ شهراً متتالية في عامي ١٨٧٤- ١٨٧٥على يد دكتور ليتيبي([٣])، الذي قام في لندن بفحص البقايا الناتجة عند تبخر عينات مياه أخذها السير جون فاولر من نيل القاهرة على فترات شهرية بدءا من يونيو ١٨٧٤ حتى ١٣ مايو ١٨٧٥ ويبينها جدول(٩)

جدول (٩) النسبة المئوية للتركيب الكيماوي من المواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة، ١٨٧٤- ١٨٧٥ (نقلا عن ليتيبي).

	عام ١٨٧٥					عام ١٨٧٤							السنة
	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	
كالسيوم	٢٢.٠	19.7	18.6	18.7	18.1	14.6	17.4	19.0	15.7	10.4	20.5	22.4	١٨.١
مغنسيوم	4.3	3.5	3.3	2.7	3.5	4.8	5.5	3.7	1.9	1.8	4.5	4.0	3.6
صوديوم	1.8	1.6	2.5	3.4	4.7	4.4	3.5	2.7	1.1	2.3	1.6	1.9	2.6
بوتاسيوم	4.8	5.3	3.4	2.8	1.6	10.1	5.3	7.5	17.6	12.3	7.2	6.1	7.0
كلور	1.7	1.7	3.4	5.1	8.5	8.1	5.2	3.8	1.1	3.1	1.4	2.1	3.7
كبريتات	16.2	14.8	15.2	13.8	17.2	16.6	20.8	13.3	12.4	14.4	15.3	15.7	15.5
ثاني أكسيد السليكون	5.9	5.0	7.1	3.9	3.2	3.5	4.3	6.8	6.5	11.6	6.7	6.0	5.9
مادة عضوية	8.9	10.8	11.3	14.2	15.3	7.4	6.5	7.2	9.9	15.1	8.9	6.8	10.2
كربونات ومواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	٣٤.٤	37.6	35.2	35.4	28.4	30.5	31.5	36.0	33.8	29.0	33.9	35.0	٣٣.٤
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

وبالإضافة إلى نسب العناصر التي حددها دكتور ليتيبي، سجلت آثار ضئيلة للحمض الفوسفوري والنيترات في كل العينات التي فحصها.

بلا شك اتبع ليتيبي في تقديره لنسب المواد العضوية نفس الإجراء الذي استخدمه بوب من قبل، أي استعمال إشعال خفيف للبقايا الجافة الناتجة عن التبخير، ولذلك فإن أرقامه الخاصة بالمواد العضوية تشمل أيضاً الماء المركب وبعضاً من ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي فهي أكثر من أن تقتصر على المادة العضوية فقط.

وفيما يتعلق بالعناصر الأخرى التي تضمنتها تحليلاته، لا شك أن أرقام ليتيبي بخصوصها صحيحة تماما من العينات التي حللها، ولكن من غير الموثوق به قبول أنها بيان صحيح لتركيبة ماء النهر في الوقت الحالي، ليس فقط لأنه من الراجح أن تغيرات قد حدثت في التركيبة خلال الفترات الزمنية الهائلة التي انقضت بين العينات التي أُخذت من النهر وتحليلها في لندن فيما بعد، ولكن لا بد أن يكون هناك بعض الشك بخصوص دقة تسجيل المكان الذي أُخذت منه العينات وما إذا كان قريباً من مكان يحدث فيه تدفق لمياه الصرف إلى النهر، وفي تلك الحالة بالطبع فإن العينات لا يمكن أن تكون ممثلة لمياه النهر على نحو مقبول، حتي في الوقت الذي أُخذت فيه[٤].

ثم أُجريت سلسلة أخرى من التحليلات على مدار اثنى عشر شهرًا للمادة المذابة الموجودة في النيل عند القاهرة في عام ١٩٠٦، و في معمل الجمعية الزراعية الخديوية على يد "بيرنس"[٥]، والتي يعرضها جدول (١٠)

كانت الطرق التحليلية التي استخدمها بيرنس هي نفس الطرق التي استخدمها قبله ليتيبي، وبالتالي فإن تقديراته لنسب المادة العضوية وقتها كانت شديدة الارتفاع. لكن فيما يتعلق بنسب العناصر الأخرى، فإن نتائجه موثوق بها بدرجة أكبر من نتائج ليتيبي، لأن النتائج قد جمعها بيرنس نفسه من وسط مجرى النهر عند جسر الروضة، وحللها هو بنفسه عند مكان أخذ العينة تقريباً. سيلاحظ أن النسب التي وجدها بيرنس للصوديوم والسليكات كانت على نحو منظوم أعلى من ليتيبي، وكانت نسب البوتاسيوم والحمض الكبريتي أقل بكثير من نسب ليتيبي لنفس المواد.

هناك تحليلات جزئية لمياه النيل عند القاهرة من أجل تحديد نسب الكلورين وحامض النيتريك والمادة العضوية المذابة، أجراها مستر لوكاس [٦] في معامل مصلحة المساحة على فترات أسبوعية عبر السنوات الثلاثة ١٩٠٥- ١٩٠٧، أُخذت العينات من الماء عن طريق مضخات من النهر بمحطة مياه الجيزة. قُدرت في هذه التحليلات للمرة الأولي نسب المواد العضوية بواسطة طريقة الاحتراق الرطب، أي عن طريق ملاحظة كمية الأوكسجين المطلوبة لأكسدة المادة العضوية الموجودة[٧]. وبأخذ وزن المادة العضوية المعادِلة لوزن الأكسجين الممتص، فقد عبَّر لوكاس عن نتائجه بالنسبة المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة على النحو الذي يضمه جدول (١١).

ويلاحَظ أن نسب المواد العضوية التي كشفها لوكاس أصغر بمقدار ١٠ مرات تقريبا من النسب التي قدرها المحللون السابقون، وقد لا يكون هناك شك في أن مرد ذلك الاختلاف الكبير أن المحللين السابقين قد أخفقوا في فصل المادة العضوية عن الماء المركب وغيره الموجود في المادة المعدنية.

جدول(١٠) النسبة المئوية للمركبات الكيميائية من المواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة عام ١٩٠٦ (نقلًا عن بيرنس)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
كالسيوم	١٢.٨	14.3	14.7	13.7	13.8	13.1	10.4	10.4	15.6	15.6	14.9	14.4	١٤.٧
مغنسيوم	4.8	4.7	5.1	4.5	4.8	4.4	3.7	3.8	5.1	4.9	4.4	4.7	4.6
صوديوم	12.7	13.7	13.2	13.9	13.1	13.9	17.1	14.3	9.1	11.5	11.9	9.9	12.8
بوتاسيوم	2.5	2.7	3.3	3.5	7.2	7.2	9.5	8.5	2.7	2.3	2.9	2.5	4.6
كلور	3.8	5.5	7.5	7.5	7.8	7.4	8.0	6.0	2.4	2.3	3.0	2.8	5.3
كبريتات	3.4	4.6	5.3	4.6	4.3	4.8	4.9	4.1	6.1	5.4	4.6	4.0	4.7
ثاني أكسيد السليكون	20.6	15.4	13.4	11.0	8.9	11.3	9.8	10.7	23.6	22.1	20.5	21.5	15.7
مادة عضوية	١٥.٣	13.8	11.7	15.9	19.0	17.1	15.1	13.8	12.0	10.8	15.5	17.0	14.8
كربونات مواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	٢٣.١	25.3	25.8	25.4	21.1	20.8	21.5	28.4	23.4	25.1	22.3	23.2	٢٢.٨
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

جدول (١١) النسب المئوية للكلورين وحمض النتريك والمادة العضوية في المواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة في الفترة ١٩٠٥-١٩٠٧ (لوكاس، من عينات أسبوعية)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
كلورين	4.4	5.8	7.2	8.9	9.3	9.4	7.8	6.0	2.8	2.9	2.5	4.5	6.0
نترات								0.93	1.24	0.35	0.13		0.22
مواد عضوية	0.9	1.0	1.0	0.8	0.7	0.7	0.9	1.1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9

وبالإضافة إلى عمل تقديرات الكلورين وحمض النيتريك والمادة العضوية، حدد لوكاس بين الحين والآخر نسب بعض العناصر الأخرى من المادة العضوية المذابة في الماء، وتُعد ثلاثة من هذه التحليلات ذات أهمية كبيرة لأنها – باستثناء تحديد نسبة الحديد في عام ١٨٧٠ الذي أجراه بوب فقط – تعد التقديرات الوحيدة التي تمت حتى تلك الفترة لنسب الحديد وأكسيد الألومنيوم التي تحتويها مياه النيل. ويعبر الجدول التالي عن ذلك.

جدول (١٢) النسب المئوية للحديد والألومنيا في المادة الصلبة المذابة بالنيل عند القاهرة في تواريخ مختلفة من عام ١٩٠٧ (لوكاس).

	٢٦ مارس ١٩٠٧	١٣أغسطس ١٩٠٧	٧سبتمبر ١٩٠٧
أكاسيد الحديد والألومنيوم	0.91	-	-
الحديد	-	0.17	0.21

وجد لوكاس كذلك آثارا للمنجنيز في مياه النيل، على الرغم من أنه غير قابل للكشف عنه إلا بالتقصي المعملي الدقيق [٨].

أُجريت سلسلة من التحليلات الجزئية الشهرية لمياه النيل عند القاهرة، لفترة زمنية امتدت لأكثر من ١٢ عاما، ما بين يناير ١٩١٥ ويوليو ١٩٢٧، على يد دكتور تود ودكتور أزاديان في معامل وزارة الصحة العمومية، ونُشرت نتائج تلك التحليلات في عام ١٩٢٠، ١٩٣٠. [٩].

في تلك التحليلات - التي أُجريت علي عينات جُمعت من عمق يصل لنحو نصف متر في وسط مجرى النيل عند الجيزة - كانت العناصر التي جرى تقدير نسبها هي: الكالسيوم، المغنسيوم، الكلوريد، حمض

الكبريتيك، السليكا، مادة عضوية جرى تقدير نسبتها بعملية الاحتراق الرطب بنفس الطريقة التي أجراها لوكاس من قبل. وقد جرى اختبار حمض النيتريك بالطريقة الاعتيادية – ولكن تم الكشف عنه في حالات نادرة – وبكميات ضئيلة جدا. وكذلك جرى تحديد قلوية المياه بالطريقة الاعتيادية للميثايل البرتقالي، وقد اعتقد في الفترة التي جرت فيها هذه التحليلات أنها ستمدنا بنسب حامض الكربونيك الموجود ككربونات وبيكربونات ذائبة، لكننا نعلم أن هذا كان خطأً، فإن جزءاً صغيراً فقط من قلوية مياه النيل قد يُعزى في الواقع إلى البيكربونات والكربونات المنحلة، وبقيتها يعزى الى السيليكات المذابة.

يوضح جدول (١٣) المتوسط الشهري للنسب المئوية للعناصر الكيميائية المختلفة من المادة الصلبة المذابة خلال ١٢ سنة في الفترة من ١٩١٥-١٩٢٦، وفقما حُسبت من النتائج المنشورة، بعد تصحيح الأخطاء المطبعية الواردة في اللغة الفرنسية من تقرير دكتور أزاديان بالاستعانة بنسخة الإصدار باللغة العربية، وأُخذ وزن المادة العضوية بناءً على حساب وزن الأكسجين المستهلك في أكسدتها.

جدول (١٣) النسبة المئوية للتركيب الكيميائي للمواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة ١٩١٥- ١٩٢٦ (تود وأزاديان).

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	س	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
كالسيوم	١٦.٦	17.9	17.0	16.0	15.2	13.8	13.3	18.1	18.2	18.6	18.0	17.1	١٦.٦
مغنسيوم	4.3	4.7	4.4	4.3	4.5	4.1	3.6	5.1	4.9	4.8	4.8	4.6	4.5
كلور	6.1	7.1	10.1	9.7	8.6	8.6	6.9	2.3	2.1	2.5	3.5	5.1	6.1
كبريتات	4.4	4.9	5.3	5.6	5.1	4.7	5.3	5.9	4.7	4.7	3.9	4.4	4.9
ثاني أكسيد السليكون	11.0	10.4	9.4	8.1	6.9	5.8	5.9	13.1	13.4	12.8	11.9	10.9	10.0
مادة عضوية	١.١	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	1.1	1.1	1.0	1.2	1.1	1.0
مواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	٥٦.٥	54.0	52.9	55.4	58.8	62.2	64.1	54.4	55.6	55.6	56.7	56.8	56.9
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
قلوية المياه مقاسة بمادة الميثايل البرتقالي، معبرا عنها بالكربونات	37.3	37.3	36.2	35.9	38.0	41.2	42.1	39.6	40.0	39.8	40.4	37.2	٣٨.٨

ويلاحَظ أن نسب الكلورين والمادة العضوية التي وجدها دكتور تود ودكتور أزاديان تتفق مع تلك النسب التي وجدها لوكاس لهذين العنصرين، بينما النسب التي تم الكشف عنها لحمض الكبريتيك والسليكا تتوافق تقريباً بنسبة أكبر مع نتائج تحليل بوب لعام ١٨٧٠ وتحليلات بيرنز لعام ١٩٠٦، مقارنةً مع نتائج ليتيبي لعام ١٨٧٤- ١٨٧٥.

وعلي الرغم من أن كربونات المادة المذابة تتخذ جميعها بالطبع صورة الكربونات العادية في البقايا الجافة الناتجة عن التبخير، فهي في الغالب تكون كربونات مذابة في الماء نفسه، وفي الحقيقة كان هناك اعتقاد لأمد طويل أن كل الكربونات الموجودة في الماء كانت على صورة بيكربونات.

لكن في يونيو عام ١٩٢٣ لاحظ السيد ألاجيم – وهو كيميائي في وزارة الزراعة – أن الماء في النهر في ذلك الوقت كان بلا جدال قلويا للفينولفيثالين، واتضح أن جزءا من الكربونات قد وُجد مذاباً في الماء على صورة كربونات عادية. ولأن هذه الحقيقة استرعت انتباهه، فقد قام بعمل سلسة من الملاحظات امتدت من عام ١٩٢٤ حتى ١٩٢٥، بهدف تحديد نسب الكربونات الموجودة في صورة كربونات عادية وبيكربونات عادية علي الترتيب في فصول مختلفة من السنة [١٠]. أخذ ألاجيم عينات من الماء لتحليلها مرة كل أسبوع على الأقل من عمق مترين في وسط النيل على الجهة القبلية من جسر الروضة بالقاهرة، وقد قدَّر نسب حمض الكربونيك في تلك العينات ككربونات وبيكربونات عن طريق معايرة كبريتات حمض البوتاسيوم إلى الفينولفيثالين وإلى الميثايل البرتقالي علي الترتيب، ويعرض الجدول التالي نتائج هذه التحليلات معبراً عنها بمتوسط النسب المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة شهريا.

جدول (١٤) متوسط النسب المئوية الشهرية لحامض الكربونيك الموجود في المادة الصلبة المذابة بمياه النيل عند القاهرة (١٩٢٤- ١٩٢٥) حسبما تم تقديرها بالمعايرة. (ألاجيم).

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
نسبة ثالث اكسيد الكربون Co_3 في أملاح الكربونات	٠.٠	0.0	0.3	1.3	3.0	4.6	3.8	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	١.٢
نسبة ثالث اكسيد الكربون Co_3 في أملاح البيكربونات	٣٩.٠	40.0	37.4	35.0	36.2	38.2	38.6	39.7	39.8	40.6	42.3	42.2	٣٩.١
إجمالي أملاح الكربونات	٣٩.٠	40.0	37.7	36.3	39.2	42.8	42.4	40.7	40.1	40.6	42.3	42.2	٤٠.٣

أُجريت سلسة مشابهة أخرى من التقديرات الأسبوعية لنسب الكربونات والبيكربونات في حامض الكربونيك بشكل مستقل بنفس طريقة المعايرة الكيمائية، على يد الراحل مستر فيكتور موصيري[١١] في

الفترة ما بين منتصف أبريل ونهاية يوليو لعام ١٩٢٤، وبين بداية سبتمبر ١٩٢٤ ونهاية أبريل، على عينات أُخذت من عمق مترين في تفرع لمجرى النيل في القاهرة ويعرف باسم البحر الأعمى، من عند نقطة تقع جنوب مجرى النهر بأمتار قليلة من كوبري الإنجليز(*).

مع ذلك، كما كان موصيري حريصاً على الإشارة في البحث الذي أعلن فيه النتائج السابقة للمجمع العلمي المصري، فإن الأرقام التي توصل إليها بخصوص تقدير نسبة الكربونات CO_3 بطريقة المعايرة الكيمائية لا يمكن الاعتماد عليها في معرفة النسب الصحيحة لهذا العنصر الموجود بمياه النيل، حيث أنها تتضمن أيضاً مكافئات الكربونات من الحامض السيليكي للسيليكات المذابة، والتي تنحل فيما بعد عند فصل الحامض السيليكي عند معايرته كيمائياً بالأحماض المعدنية أو بكبريتات البوتاسيوم الحمضية.

في الحقيقة، يُعتبر إجمالي الكربونات CO_3 في تحليلات كل من ألاجيم وموصيري هو بالضبط نفس التعبير "نسبة القلوية إلى الميثايل البرتقالي المعبر عنه بالكربونات" الذي استخدمه تود وأزاديان. فلقد استنتج موصيري في بحثه أنه لا يمكن البدء في مناقشة نتائج ثالث أكسيد الكربون التي حصل عليها هو والاجيم على نحو مفيد قبل إجراء المزيد من التحليلات الكاملة (والتي كان منهمكاً فيها في ذلك الوقت)، والتي ينبغي أن تُظهر نسب السليكات وطبيعة ونسب القواعد الموجودة في المادة المذابة في فصول مختلفة من السنة.

إن التحليلات الإضافية والأكثر اكتمالا التي أشار إليها السيد موصيري قد قام بها في معمله الخاص، على عينات جُمعت من عمق مترين في النهر عند كوبرى الإنجليز وعلى فترات أسبوعية (مع القليل من فترات انقطاع قصيرة المدة) من ١١ نوفمبر ١٩٢٤ حتى ٢٦يوليو ١٩٢٧، وبذلك فهي تمتد لفترة تزيد عن عامين ونصف.

وقد اتضح أنه من المستحيل تقدير نسب السيليكات المذابة مباشرة، لكن التقديرات كانت تُجرى أسبوعياً لإجمالي السيليكات ولإجمالي حامض الكربونيك في البقايا الجافة بطريقة قياس الثقل النوعي (حامض الكربونيك بمعالجة البقايا الجافة بالحمض وامتصاص ووزن ثاني أكسيد الكربون الناتج)، وكذلك لثالث أكسيد الكربون الموجود في صورة كربونات وبيكربونات على الترتيب في الماء نفسه بواسطة طريقة المعايرة الكيميائية، وذلك بالإضافة إلى تحليلات كاملة للمادة المذابة في العينات التي كانت تجمع في الأسبوع الأول من كل شهر.

ولسوء الحظ مرض مستر موصيري وتوفي قبل أن يكمل أبحاثه، ولم يترك أي بيان بخلاف السجلات والأرقام التحليلية المجردة المكتوبة في مفكراته المعملية المخطوطة. مع ذلك، فإن هذه المخطوطات قد وضعت تحت تصرف ابنه – مستر هنرى موصيري – من أجل الاستقصاء البحثي الحالي، ولا تظهر الدراسة الدقيقة لها المدى الذي تتداخل عنده السليكات المذابة في مياه النيل في طريقة المعايرة الكيميائية لتقدير نسب حامض الكربونيك الموجودة فقط، بل إنها أيضاً تسهم في التحقق بدرجة مقبولة من تكوين السليكات المتداخلة والنسب النسبية من السليكا الحرة والمركبة المذابة في الماء.

(*) كوبري الجلاء حاليا (المترجم).

ويعرض جدول (١٥) ملخصاً لتقديرات مستر موصيري لنسب حمض الكربونيك بالطريقتين الكيميائيتين، ولإجمالي السليكا خلال الأشهر المختلفة من السنة، وكلها معبّر عنها بالنسب المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة. وبالنسبة للمتوسطات الحسابية للشهور المختلفة فقد اعتمد كل منها على ١٢ تحليلا منفصلاً، ماعدا تلك الخاصة بشهور أغسطس (٤ تحليلات) وسبتمبر (٥ تحليلات) وأكتوبر (٨ تحليلات) ونوفمبر (٩ تحليلات).

جدول (١٥) متوسط النسب المئوية الشهرية لحامض الكربونيك الموجود في المادة الصلبة المذابة بالنيل عند القاهرة، من يوليو ١٩٢٤ حتى ابريل ١٩٢٥، حسبما قيست بطريقة المعايرة (نقلًا عن موصيري)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
نسبة Co_3 في أملاح الكربونات	٠.٠	1.4	1.6	2.0	4.6	5.2	4.6		0.4	3.1	0.6	0.0	٢.١
نسبة Co_3 في أملاح البيكربونات	٤١.٦	41.0	37.3	35.3	37.4	40.7	43.4		41.8	41.0	44.4	43.2	٤٠.٧
إجمالي الكربونات	٤١.٦	42.4	38.9	37.3	42.0	45.9	48.0		42.2	44.1	45.0	43.2	٤٢.٨

سيلاحَظ أن نسب ثالث أكسيد الكربون التي كُشف عنها بطريقة الثقل النوعي تعد بدرجة ثابتة أقل بكثير من النسب التي كُشف عنها بطريقة المعايرة، حيث تصل نتيجة الثقل في المتوسط لأقل من أربعة أخماس ناتج طريقة المعايرة، ولأن هذه النتائج تعد بلا شك راجعةً إلى الدقة الشديدة للتقديرات بطريقة المعايرة؛ فإن الاختلافات بين النسب التي نتجت عن الطريقتين لابد أن تمثل مكافئات حامض الكربونيك للحامض السليكاتي في السليكات المذابة التي تتداخل في عملية المعايرة.

أوضحت نتائج مستر موصيري حقيقةً هامة، وهي أن السليكات المذابة في مياه النيل تشبه البيكربونات في كونها قلوية للميثايل البرتقالي ولكنها ليست كذلك للفينولفيثالين، حيث سيلاحظ أن الاختلاف بين نسب إجمالي الكربونات CO_3 - حسبما قُدرت بالطريقتين- كانت أكبر في الشهور التي كانت فيها القلوية للفينولفيثالين ضئيلة المقدار مقارنةً بالشهور التي كانت فيها كبيرة المقدار جداً.

ومن ثم، تتداخل السليكات فقط في طريقة المعايرة للبيكربونات، وبالتالي فإن نسب الكربونات الطبيعية المقدرة بطريقة المعايرة الكيمائية للفينولفيثالين تكون صحيحة، وتلك النسب الخاصة بالبيكربونات المقدرة بطريقة المعايرة للميثايل البرتقالي هي فقط الخاطئة.

لذلك، بإمكاننا أن نتحقق من نسب الكربونات CO_3 إلى البيكربونات عن طريق المعايرة بناءً على تلك النسب الكلية للكربونات الناتجة عن طريقة الثقل النوعي، ووفقاً لذلك قد نعيد كتابة نتائج مستر

موصيري الخاصة بحامض الكربونيك والسليكا وفقا لجدول (١٦) أخذا في الاعتبار أن النسب المئوية المدرجة في الجدول تعبر عن إجمالي المواد الصلبة المذابة.

جدول (١٦) تقديرات متوسط النسب المئوية الشهرية لحمض الكربونيك وإجمالي السليكا الموجودة في المادة الصلبة المذابة للنيل عند القاهرة، من نوفمبر ١٩٢٤ حتى يوليو ١٩٢٧. (نقلًا عن موصيري)

	ثالث اكسيد الكربون في الكربونات كما قدر بطريقة المعايرة	ثالث اكسيد الكربون في البيكربونات كما قدر بطريقة المعايرة	إجمالي ثالث اكسيد الكربون كما قدر بطريقة المعايرة	إجمالي ثالث اكسيد الكربون كما قدر بطريقة الثقل النوعي	الفرز الكيميائي	إجمالي ثاني أكسيد السليكات كما قدر بطريقة الثقل النوعي
يناير	١.٠	٣٩.٤	٤٠.٤	٣١.٣	٩.١	١٢.٩
فبراير	1.4	39.5	40.9	30.8	10.1	12.9
مارس	1.5	35.8	37.3	28.9	8.4	11.3
ابريل	2.4	34.0	36.4	27.0	9.4	10.0
مايو	3.9	36.5	40.4	31.5	8.9	8.4
يونيو	5.4	37.6	43.0	36.8	6.2	6.7
يوليو	4.6	39.7	44.3	38.0	6.3	3.9
اغسطس	3.2	36.2	39.4	29.8	9.6	11.9
سبتمبر	1.7	39.4	41.1	29.8	11.3	15.1
اكتوبر	0.9	40.0	40.9	28.6	12.3	16.8
نوفمبر	0.2	42.2	42.4	31.3	11.1	15.3
ديسمبر	1.2	40.1	41.3	30.8	10.5	14.2
السنة	٢.٣	38.4	٤٠.٧	٣١.٢	٩.٥	١١.٦

قبل أن نستطيع التحقيق من نسب الحمض السليكاتي المعادلة للمقادير المفرطة من ثالث أكسيد الكربون الناتجة عن طريق المعايرة الكيمائية، فبالطبع لا بد أولا أن تتحقق من أيون الحمض السليكاتي المحدد (مثل رابع أكسيد السيلكون Sio_4''، وثالث أكسيد السيلكون Sio_3''، أو خامس أكسيد السيلكون الثنائي''Si_2o_3) الموجود في المياه،

وعلي الرغم من أن التحليلات لا توفر لنا أية معلومات مباشرة عن تلك النقطة، فإنها تساعدنا رغم ذلك في تحديد الأيونات بشكل غير مباشر عن طريق مقارنة الكميات الزائدة من الكربونات التي كشف عنها بطريقة المعايرة في فترات معينة من السنة مع إجمالي السليكا التي كُشفت مذابة في المياه في ذلك الوقت، حيث أنه من الواضح لو أن فرضية أي أيون للحامض السليكاتي سيتطلب نسبة أكبر من السليكا المركبة مقارنةً بنسبة إجمالي السليكا المذابة، فإن أيون ذلك الحامض السليكاتي المعيّن قد يتم طرحه جانبا من البحث.

بالرجوع إلى الجدول السابق، سيلاحظ أن معدل الزيادة من ثالث أكسيد الكربون الناتج عن طريق المعايرة يصل في شهر يوليو إلى٦.٣ في المائة من إجمالي المادة الصلبة المذابة، وأن متوسط نسبة إجمالي ثاني أكسيد السليكا لنفس الشهر هي ٣.٩ في المائة.

والآن نظراً لأن الوزن المجمّع لثالث أكسيد الكربون هو ٣٠ والمعادل ٦.٣ في المائة من ثالث أكسيد الكربون الزائد هو ٠.٢١٠ جم من ثالث أكسيد الكربون لكل ١٠٠جم من إجمالي المواد الصلبة، وبافتراض أن الزيادة ناتجة كليا عن أن السليكات قد تم معايرتها مع البيكربونات؛ فسيكون ذلك أيضاً هو المكافئ للحامض السليكاتي الموجود.

لذلك، فإن نسبة الحامض السليكاتي سيُكشف عنها عن طريق ضرب ٠.٢١٠ في الوزن المجمع للحامض السليكاتي الموجود، أي بضرب ٠.٢١٠ في ٢٣.٠ أو ١٣٨.٢ أو ٦٨.٣ حسب ما إذا كان أيون الحامض السليكاتي الموجود هو رابع أكسيد السليكون Sio_4 أو ثالث أكسيد السليكون Sio_3 أو خامس أكسيد السليكون الثنائي Si_2o_3 ونسبة ثاني أكسيد السليكون المجمع كسليكات عن طريق ضرب الناتج في ١٠.٦٥ و٠.٨٨ و٠.٧٩ حسبما تكون الحالة، وهذه الأرقام الأخيرة تمثل كميات ثاني أكسيد السيلكون المحتواة، بوزن وحدة أيونات الحامض السليكاتي بالترتيب السابق ذكره. وعند إجراء ثلاث حسابات بديلة لشهر يوليو، كل منها يماثل كلاً من الافتراضات البديلة، فإننا سنجد أن واحداً فقط من الثلاثة - أي الذي يُفترض أن أيون الحامض السليكاتي المعين الموجود سيكون الأيون ر باعي التكافؤ Sio_4 – سيفي بشروط أن ثاني أكسيد السليكون Sio_2، المركب كيمائياً في صورة السليكات، لن يتعدى إجمالي ثاني أكسيد السليكون الناتج عن التحليل الذي أُجري في ذلك الشهر.

جدول (١٧)

أيون الحامض السليكاتي المفترض	رابع أكسيد السليكون SiO4	ثالث أكسيد السليكون SiO3	Si2O5
الوزن المجمع	23.1	38.2	68.3
إجمالي الحامض السليكاتي = ٠.٢١٠ × الوزن المجمع	4.8	8.0	14.3
العامل لثاني أكسيد السليكون	.65	.79	.88
ثاني أكسيد السليكون الموجود كسليكات	3.2	6.3	12.2
إجمالي ثاني أكسيد السيلكون المذاب بعد الكشف	3.9	3.9	3.9

عنه بالتحليل			
ثاني أكسيد السيلكون غير المعاير (بطريقة الفرز)	0.7		

لذلك، غالباً ما يعد أيون الحامض السليكاتي المعين الموجود في مياه النيل في شهر يوليو هو رابع أكسيد السليكون SiO_4 (الحامض السليكاتي المشتق)، وقد نفترض على نحو صائب أن هذا أيضاً هو الوضع في الشهور الباقية من السنة، عندما تكون نسب إجمالي السليكا التي كشف عنها التحليل كبيرة جداً على أن يتم تطبيقها بطريقة التمييز السابق ذكرها. لذلك فإننا بحساب تحليلات مستر موصيري في الشهور المختلفة من العام – ستكون لدينا النسب المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة في الماء على النحو الذي يوضحه جدول(١٨).

جدول (١٨) النسب المئوية التالية لإجمالي المواد الصلبة المذابة في الماء:

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
الزيادة الظاهرة من ثالث اكسيد الكربون (بطريقة المعايرة)	٩.١	10.1	8.4	9.4	8.9	6.2	6.3	9.6	11.3	12.3	11.1	10.5	٩.٥
المكافئات لرابع اكسيد السليكون	٧.٠	7.8	6.6	7.2	6.8	4.8	4.9	7.4	8.7	9.5	8.5	8.1	٧.٣
ثاني اكسيد السليكون الموجود في رابع اكسيد السليكون	4.6	5.1	4.3	4.6	4.4	3.1	3.2	4.8	5.7	6.2	5.6	5.3	٤.٧
إجمالي ثاني أكسيد السليكون بعد الكشف عنه بالتحليل.	١٢.٩	12.9	11.3	10.0	8.4	6.7	3.9	11.9	15.1	16.8	15.3	14.2	١١.٦
ثاني أكسيد السليكون غير المعاير (بطريقة الفرز).	٨.٣	7.8	7.0	5.4	4.0	3.6	0.7	7.1	9.4	10.6	9.7	8.9	٦.٩

وبلا شك فإن السليكا غير المعايرة الموجودة في السليكا الحرة الرئيسية، علي الرغم من أن نسبتها قد توجد بدرجة شديدة الصغر (بالإضافة إلى كمية صغيرة من الألومنيا الموجودة) في صورة الكاولين المذاب , $2H_2O$, $2Sio_2$,Al_2O_3 حيث إن هذه المادة الأخيرة - بالرغم من أنها غير قابلة للذوبان من الناحية العملية- فقد يحتمل أنها ليست كذلك بالكليّة.

عند بداية كل شهر تقريبا خلال نفس الفترة (١٩٢٤-١٩٢٧)، أجرى مستر موصيري – بالإضافة إلى التقديرات الحسابية لنسب الكربونات والسليكا المذكورة بالأعلى – تحليلا أكثر اكتمالاً للبقايا الناتجة عن التبخير، متضمنًا حساب نسب الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم وأكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديد والكلورين وحامض الكبرتيك وحامض النيتريك وحامض الفوسفورريك. ومع ذلك، فإن حساب نسب أكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديد قد حُصر ضمن التحليلات التي أجريت في شهر أبريل ١٩٢٥ وبعده، وتلك الحسابات لحامض النيتريك قد حُصرت ضمن التحليلات التي أجريت فيما بعد، بين شهر نوفمبر ١٩٢٥ وأبريل ١٩٢٦، وتلك الخاصة بحامض الفوسفوريك كانت ضمن التحليلات التي أجريت في شهر يناير ١٩٢٦ وبعده.

ويمدنا جدول (١٩) بملخص نتائج هذه التحليلات الشهرية، والمعدلات الموجودة لأي شهر تمثل المتوسط بين نتائج بداية الشهر وعند بداية الشهر التالي له [١٢]. ومن أجل اكتمال النتائج فقد أضفت المتوسطات الشهرية لحامض الكربونيك والسليكا حسبما كُشف عنها بالأسلوب الموصوف سابقاً بناءً على الملاحظات الأسبوعية. وتمثل كل الأرقام النسب المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة.

تعد تحليلات مستر موصيري على جانب كبير من الأهمية لأنها تمثل الحسابات الوحيدة التي أجريت حتي الآن لنسب أكسيد الحديد وأكسيد الألومنيوم وحمض الفوسفوريك والحامض السليكاتي الموجودة في المادة المذابة من مياه النيل في فصول مختلفة من السنة. سيلاحظ أنه بينما نسبة حامض الكربونيك تعد العليا خلال شهري يونيو ويوليو، أي في الشهور التي تسبق مرحلة الفيضان مباشرة، فإن نسب أحماض الفوسفوريك والنيتريك والسليكات تعد الأعلي خلال مرحلة الفيضان.

ثم أجريت سلسلة من التحليلات لمياه النيل عند القاهرة علي امتداد فترة عامين كاملين، على يد دكتور زيليناس [١٣]، علي فترات شهرية بدءا من يونيو ١٩٢٩ حتي مايو ١٩٣١، وكانت العينات تؤخذ في يوم ١٥ من كل شهر من نقطة تقع علي النهر مباشرة جنوب جسر الروضة، و كانت الحسابات والتقديرات تتضمن الكالسيوم والمغنسيوم والكلورين وحامض الكبريتيك وإجمالي السليكا وإجمالي القلوية للميثايل البرتقالي. ويضم جدول (٢٠) نتائج المتوسط الحسابي لهذه العناصر بالنسب المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة.

أما أحدث التحليلات للمادة الصلبة المذابة في مياه النيل عند القاهرة فنجدها في سلسلة أجراها دكتور ويليامسون ومستر ألاجيم، من القسم الكيميائي بوزارة الزراعة، على عينات أُخذت بانتظام من مياه النهر عند كوبري إمبابة في اليوم الأول واليوم السادس عشر من كل شهر، بدءا من ١ نوفمبر١٩٣٢ حتى ١ نوفمبر ١٩٣٦، وبذلك غطي فترة ٤ سنوات كاملة.

ورغم أن هذه التحليلات لم تنشر نتائجها بعد لكن تكرم وأمدَّني بها دكتور ويليامسون وهي بيانات غير مكتملة بالمقارنة بتلك التحليلات الخاصة بدكتور موصيري المذكورة سابقا، ولا تزيد عن كونها فقط تقديرات نسب الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والكلورين وحامض الكبريتيك وإجمالي السليكا بالإضافة إلى ملاحظات عن قلوية المياه بالنسبة للفينولفيثالين والميثايل البرتقالي على الترتيب.

جدول (١٩) النسب المئوية للتركيب الكيميائي للمواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة (١٩٢٤- ١٩٢٧).
(موصيري)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
كالسيوم	١٦.٢	15.9	15.4	15.0	14.8	13.6	14.1	16.3	17.2	16.6	17.0	16.8	١٥.٧
مغنسيوم	4.6	4.6	4.5	4.4	4.5	4.2	4.2	4.7	5.0	5.1	4.9	4.6	4.6
صوديوم	10.9	11.3	11.3	12.0	13.5	16.3	17.0	11.8	7.8	7.2	7.6	9.1	11.3
بوتاسيوم	2.1	2.2	2.1	2.2	2.5	3.2	4.2	3.6	2.5	2.3	2.2	2.1	2.6
أكسيد الحديد، أكسيد الألومنيوم	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2			0.4	0.4	0.5	0.5	0.3
كلور	7.3	8.2	10.6	12.0	10.7	9.6	9.0	5.6	3.0	3.2	4.8	5.5	7.5
ثالث أكسيد الكربون	31.3	30.8	28.9	27.0	31.5	36.8	38.0	29.8	29.8	28.6	31.3	30.8	31.2
رابع أكسيد الكبريت	5.2	5.4	6.3	6.6	6.2	4.9	5.0	5.8	5.5	4.7	4.6	5.1	5.4
رابع أكسيد البوتاسيوم	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2
ثالث أكسيد النتروجين	0.1	0.0	0.0								1.6	0.4	0.4
رابع أكسيد السليكون	7.0	7.8	6.6	7.2	6.8	4.8	4.9	7.4	8.7	9.5	8.5	8.1	7.3
ثاني أكسيد السليكون الحر	8.3	7.8	7.0	5.4	4.0	3.6	0.7	7.1	9.4	10.6	9.7	8.9	6.9
مواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	٦.٥	5.5	6.9	7.7	5.2	2.7	2.7	7.6	10.4	11.4	7.0	7.9	٦.٦
	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠
اجمالي ثاني أكسيد السليكون	١٢.٩	12.9	11.3	11.0	8.4	6.7	3.9	11.9	15.1	16.8	15.3	14.2	١١.٦
قلوية المياه للفينولفيثالين معبراء عنها بثالث أكسيد الكربون	١.٠	1.4	1.5	2.4	3.9	5.4	4.6	3.2	1.7	0.9	0.2	1.2	٢.٣
إجمالي قلوية المياه للميثيل البرتقالي، معبراء عنها بثالث اكسيد الكربون	٣٩.٤	39.5	35.8	34.0	36.5	37.6	39.7	36.2	39.4	40.0	42.0	30.1	٣٨.٤

جدول (٢٠) النسب المئوية للمركبات الكيميائية للمادة الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة ١٩٢٩- ١٩٣١
(نقلا عن زليناس)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
كالسيوم	١٣.٨	١٢.٩	١٤.٨	١٥.٢	١٥.٦	١٥.٤	١٣.٦	١٣.١	١٥.٧	١٥.٠	١٣.٢	١٢.٤	١٤.٢
مغنسيوم	٣.٠	٢.٩	٣.٨	٣.٧	٣.٨	٤.٠	٣.٦	٣.٤	٣.٨	٣.٨	٣.٤	٣.٢	٣.٥
كلور	٦.٢	٩.٦	١١.٠	١٢.٧	١٢.٨	١٠.٦	٦.٨	٣.٤	٤.١	٥.٢	٦.٧	٦.٧	٨.٠
رابع أكسيد الكبريت	٦.٦	٥.٦	٦.٧	٥.٨	٥.٧	٦.٤	٦.٦	٣.٨	٧.٠	٧.١	٨.٨	٦.٣	٦.١
إجمالي ثاني أكسيد السليكون	١٢.٠	١٢.٠	١٢.٦	١٠.٠	١.٣	١٠.٩	١١.٨	٨.١	١٢.٤	١٣.٦	١٢.٨	١٢.٠	١١.٥
مواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	٥٨.٤	٥٧.٠	٥١.٠	٥٢.٦	٥١.٨	٥٢.٧	٥٧.٦	٦٨.٢	٥٧.٠	٥٥.٣	٥٨.١	٥٩.٤	٥٦.٧
	١٠٠.٠	١٠٠.٠	.١٠٠.٠	.١٠٠.٠	.١٠٠.٠	.١٠٠.٠	.١٠٠.٠	.١٠٠.٠	.١٠٠.٠	.١٠٠.٠	.١٠٠.٠	.١٠٠.٠	.١٠٠.٠
إجمالي قلوية المياه للميثيل البرتقالي، معبراء عنها بثالث اكسيد الكربون	٣٦.٠	٣٨.٢	٣٧.٩	٣٣.٦	٣٥.٤	٤٠.٩	٤٢.٠	٣٧.٨	٣٧.٤	٣٩.٦	٤٠.٤	٣٨.٧	٣٨.٢

والآن، فقد حُسبت نسب الصوديوم للمرة الأولى بالطريقة التي اختُرعت حديثا والمعروفة باسم "أسيتات يورانيل الزنك uranyl zinc acetate " بدلاً من استخدام طريقة الكلوريدات المختلطة التي استُخدمت في التحليلات السابقة لمياه النيل.

يمدنا جدول (٢١) بملخص للنتائج التي حصلنا عليها، معبَّرا عنها بالنسب المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة، وتمثل الأرقام للشهور المختلفة المعدلات المتوسطة الشهرية للأربع سنوات التي أُجريت التحليلات على امتدادها [١٤]:

جدول (٢١) النسب المئوية للمركبات الكيميائية للمواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة (١٩٣٣-١٩٣٦) (ويليامسون وألاجيم)

	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
كالسيوم	١٣.٨	١٤.٤	١٤.٠	١٢.٩	١٢.٦	١١.٣	١٠.٧	١٤.٣	١٥.٩	١٥.٧	١٦.٠	١٤.٦	١٣.٩
مغنسيوم	٥.٣	٥.٠	٥.١	٥.٣	٤.٨	٥.١	٤.٩	٥.٨	٦.٠	٥.٨	٥.٤	٥.٦	٥.٣
صوديوم	١٠.٦	١١.٠	١٢.٢	١٣.٢	١٤.٠	١٦.٨	١٦.٨	٩.١	٥.٨	٦.٧	٨.١	٩.٤	١١.١
كلور	٦.٤	٧.٠	٩.٠	١٠.٧	٩.٩	٩.٠	٧.٨	٤.٤	٢.٧	٢.٧	٣.٧	٥.٦	٦.٦
رابع أكسيد الكبريت	٦.٢	٤.٩	٥.٨	٧.٣	٥.٤	٥.٠	٥.٧	٦.٦	٦.٣	٥.٨	٦.٣	٦.٧	٦.٠
إجمالي ثاني أكسيد السليكون	١٥.٤	١٣.٦	١٠.٨	١١.٤	٩.٤	٩.٢	٦.٨	١٤.٠	١٧.٧	١٦.٨	١٥.٢	١٦.٣	١٣.٠
مواد غير محددة (بالفرز الكيميائي)	٥٨.٤												٥٦.٧
	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠.	١٠٠.٠.	١٠٠.٠.	١٠٠.٠.	١٠٠.٠.	١٠٠.٠.	١٠٠.٠.	١٠٠.٠.	١٠٠.٠.	١٠٠.٠.	١٠٠.٠.
قلوية المياه للفينولفيثالين معبراء عنها بثالث أكسيد الكربون	١.٥	١.٣	١.١	٢.٠	٢.٩	٤.٠	٣.٤	٢.٢	١.٩	١.٨	٣.٢	٣.٣	٢.٤
إجمالي قلوية المياه للميثايل البرتقالي، معبرا عنها بثالث أكسيد الكربون	٣٩.٢	٣٨.٤	٣٨.٩	٣٧.١	٣٩.٣	٤١.٢	٤٢.٢	٤٠.٥	٣٨.٥	٤٠.٦	٤٠.٨	٤٢.٢	٣٩.٩

من الجدير بالذكر أن نسب الكالسيوم التي كشفها دكتور ويليامسون ومستر ألاجيم في السنوات ١٩٣٣ – ١٩٣٦ تعد بلا جدال من الناحية النظامية أقل – وتلك الخاصة بالمغنسيوم والكلورين وإجمالي السليكا من الناحية النظامية أعلى قليلا – من تلك النسب التي كشفها مستر موصيري في ١٩٢٤ –١٩٢٧، ومن الناحية الأخرى فإن الأرقام الخاصة بالصوديوم تتفق بوضوح تام مع أرقامه في مجموعتي التحاليل، بالرغم من اختلاف الطريقة المستخدمة في حساب نسبة هذا العنصر.

لقد لخصتُ في جدول (٢١) نتائج كل التحليلات المختلفة التي سُردت في الصفحات السابقة، ولكني مع ذلك أهملت ذكر تقديرات نسب المادة العضوية التي قُدرت قبل عام ١٩٠٥ لكونها خاطئة بالكامل. والأرقام في الأعمدة من الثاني للتاسع من الجدول تمدنا بمتوسط النسب المئوية لعناصر متعددة كشفها عدة محللين خلال الشهور الأربعة لموسم الفيضان – من أغسطس إلى نوفمبر – وخلال الثمانية أشهر المتبقية من السنة. بينما تلك الأرقام في العمود الأخير، والذي يمثل متوسطات أوزان نفس العناصر حسبما حُسبت من كل التقديرات الحسابية التي أُجريت منذ عام ١٩٠٥، قد تؤخذ كبيان مقارب جداً لمتوسط النسب التقريبية لتلك العناصر الموجودة في المادة المذابة بالنيل خلال الخمسة وثلاثين عاما التي مرت بين تدشين التحكم الصناعي في النهر عام ١٩٠٢ وبين اليوم الحالي.

وبخصوص تعيين الأوزان لنتائج السلسلة المتعددة من التحليلات، فقد افترضتُ أن الأوزان ستكون نسبية إلى محصلات ضرب أرقام السنوات -التي أُجريت السلسلة المتعددة من التحليلات علي امتدادها - في أرقام العينات التي جرى تحليلها في كل شهر.

سيلاحظ أن مقارنة النتائج الموضحة في الأعمدة المتعددة للجدول السابق لا توفر لنا دليلا حاسماً علي أنه قد حدثت أي تغيرات محسوسة في تركيب المادة المذابة في النهر خلال الفترة التي جرت علي امتدادها التحليلات. ومن الصواب أنه إذا كان في الإمكان الاعتماد على نتائج ليتيبي لعامي ١٨٧٤- ١٨٧٥، فعلينا أن نستنتج أن نسب بعض العناصر – بالأخص الصوديوم والبوتاسيوم وحامض الكبريتيك والسليكا – قد تغيرت بدرجة كبيرة منذ بدء التحكم الصناعي في النهر. لكن نتيجة للأسباب التي ذكرت سابقا، لا يمكن اعتبار تحليلات ليتيبي أنها تمثل علي وجه دقيق التركيب الصحيح للمادة المذابة في النهر أثناء الفترة التي أُجريت فيها تلك التحليلات، والاختلافات في نسب العناصر المختلفة التي كُشف عنها في التحليلات المتنوعة التي أُجريت في فترات مختلفة فيما بين ١٩٠٥ والسنة الحالية، تعد غير قياسية ولا تزيد أهميتها عن كونها سهلة التعليل بسبب أن الفروق غير القياسية من سنة لأخرى في تركيب المواد الكيميائية تنشا عن الاختلافات في ظروف الطقس على امتداد حوض النيل في السنوات المختلفة.

وبذلك بينما هناك احتمالية أن بعض التغيرات الطيفية في التركيب المتوسط للمادة الصلبة المذابة المحمولة في النيل قبالة القاهرة قد حدثت في غضون الخمسة وثلاثين عاما التي تلت زيادة كمية التحكم الصناعي في النيل الذي خضع له تدفق النهر، فإننا يجب أن نستنتج أن هذه التغيرات قد استترَت بشكل تام تقريبا وراء الاختلافات غير القياسية التي تحدث في تركيب المادة المذابة من عام إلى آخر.

جدول (٢٢) النسب المئوية للعناصر المختلفة التي تحتويها المادة الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة، وفقا للحسابات التي أجراها العديد من المحللين (١٨٧٠-١٩٣٦)

	النهر الطبيعي		النهر الخاضع للتحكم الصناعي						
	بوب ١٨٧٠ (تحليل واحد فقط)	ليتيي ١٨٧٤-١٨٧٥ (تحليل تم في لندن)	بيرنس ١٩٠٦ Wt.1	لوكاس ١٩٠٥ Wt.12	تود وأزاديان ١٩١٥ – ١٩٢٦ Wt.11	موصيري ١٩٢٤-١٩٢٧ Wt.10	زبليناس ١٩٢٩ – ١٩٣١ Wt.2	ويليامسون و ألاجيم ١٩٣٣-١٩٣٦ Wt.6	متوسط الاوزان بناء على الستة أعمدة السابقة.
	متوسط القيم خلال أشهر الفيضان الاربعة (اغسطس الي نوفمبر)								
كالسيوم	١١.٢	١٦.٤	١٤.١	---	١٨.٢	١٦.٨	١٤.٢	١٥.٥	١٦.٨
مغنسيوم	٦.٢	٣.٠	٤.٦	---	٤.٩	٤.٩	٣.٦	٥.٨	٤.٩
صوديوم	١١.٠	١.٩	١١.٧	---	---	٨.٦	---	٧.٤	٨.٣
بوتاسيوم	٢.٧	١١.٢	٤.١	---	---	٢.٦	---	---	٢.٧
حديد	١.٦	---	---	---	---	---	---	---	---
أكاسيد حديد وألومنيوم Fe2O3 و 3 Al2O	---	---	---	---	---	٠.٤	---	---	٠.٤
ثالث اكسيد الكربون	٣٠.٢	---	---	---	---	٢٩.٨	---	---	٢٩.٨
كلور	٢.٤	٢.٤	٣.٤	٣.٦	٢.٦	٤.٢	٥.٠	٣.٤	٣.٥
رابع اكسيد الكبريت	٣.٣	١٣.٨	٥.٠	---	٤.٨	٥.٢	٥.٩	٦.٢	٥.٣
ثالث اكسيد النيتروجين	بقايا	بقايا	---	٠.٧	---	١.٦	---	---	١.١
رابع اكسيد	٠.٥	بقايا	---	---	---	٠.٣	---	---	٠.٣

البوتاسيوم									
رابع اكسيد السليكون	---	---	---	---	---	٨.٥	---	---	٨.٥
ثاني اكسيد السليكون الحر	---	---	---	---	---	٩.٢	---	---	٩.٢
مادة عضوية	---	---	---	٠.٩	١.١	---	---	---	١.٠
اجمالي ثاني اكسيد السليكون	١٤.٢	٧.٩	١٩.٢	---	١٢.٨	١٤.٨	١١.٧	١٥.٩	١٤.٣
قلوية المياه للفينولفيثالين معبرا عنها بثالث أكسيد الكربون	---	---	---	---	---	١.٥	---	٢.١	١.٨
إجمالي قلوية المياه للميثايل البرتقالي، معبراء عنها بثالث اكسيد الكربون	---	---	---	---	٤٠.٠	٤١.٠	٣٨.٨	٤٠.١	٤٠.٣
	متوسط القيم خلال الأشهر الثمانية المتبقية من العام								
كالسيوم	---	١٨.٩	١٣.٥	---	١٥.٩	١٥.٢	١٤.٢	١٣.٢	١٤.٨
مغنسيوم	---	٣.٩	٤.٦	---	٤.٣	٤.٤	٣.٥	٥.١	٤.٥
صوديوم	---	٣.٠	١٣.٤	---	---	١٢.٧	---	---	١٢.٩
بوتاسيوم	---	٤.٩	٤.٨	---	---	٢.٦	---	---	٢.٨
أكاسيد حديد وألومنيوم Fe_2O_3 و Al_2O_3	---	---	---	---	---	٠.٣	---	---	٠.٣
ثالث اكسيد الكربون	---	---	---	---	---	٣١.٩	---	---	٣١.٩
كلور	---	٤.٥	٦.٣	٧.٣	٧.٨	٩.١	٩.٥	٨.٢	٨.٢
رابع اكسيد الكبريت	---	١٦.٣	٤.٥	---	٥.٠	٥.٦	٦.٢	٥.٩	٥.٥
ثالث اكسيد النيتروجين	---	بقايا	---	---	---	١٥٠.١	---	---	٠.١

رابع اكسيد البوتاسيوم	---	بقايا	---	---	---	٠.٢	---	---	٠.٢
رابع اكسيد السليكون	---	---	---	---	---	٦.٦	---	---	٦.٦
ثاني اكسيد السليكون الحر	---	---	---	---	---	٥.٧	---	---	٥.٧
مادة عضوية	---	---		٠.٨	١.٠	---	---	---	٠.٩
اجمالي ثاني اكسيد السليكون	--	١٤.٩	١٤.٠	---	٨.٦	٩.٤	١١.٤	١١.٦	٩.٩
قلوية المياه للفينولفيثالين معبراء عنها بثالث أكسيد الكربون	---	---	---	---	---	٢.٧	---	٢.٥	٢.٦
إجمالي قلوية المياه للميثيل البرتقالي، معبرا عنها بثالث اكسيد الكربون	---	---	---	---	٣٨.٢	٤٠.٥	٣٧.٨	٣٩.٨	٣٩.٣

سيلاحظ أنه لا يوجد أي تحليل كامل في هذا الجدول، وفي الحقيقة فإنه لم يُجر حتى الآن تحليل كامل لمياه النيل. حتى الأرقام في العمود الأخير من الجدول لا تتضمن كل العناصر التي تتألف منها المادة المذابة. من المعروف أن النسب الصغيرة من الأمونيوم والبقايا الضئيلة من المنجنيز توجد بشكل ثابت مذابة في الماء، برغم أن هذين العنصرين غير موجودين في الجدول ولم يتم تقدير نسبة الماء الموجود في البقايا الجافة الناتجة عن التبخير في أي من العينات التي تم تحليلها، علي الرغم من ضرورة أن تتوافر لنا بعض المعرفة عن متوسط النسب المئوية للمياه الموجودة في " إجمالي المواد الصلبة المذابة " خلال شهور الفيضان وخلال بقية العام علي الترتيب، قبل أن نستطيع إجراء الاختيار عن طريق الجمع بين درجة الكمال وبين الدقة العامة للنتائج التي توصلنا إليها في العمود الأخير من الجدول.

وفيما يختص بالأمونيوم، يمكن اعتبار نسب هذا العنصر معادلة لنسب ما يسمي بـ "الأمونيا الحرة" الموجودة في الماء، وأن تقديرها يشكل جزءاً من الفحص الروتيني لماء النهر من أجل أغراض السلامة الصحية. ويبدو من الملاحظات الأسبوعية لمستر لوكاس[١٦] أن نسبة "الأمونيا الحرة" الموجودة في مياه النيل عند القاهرة خلال الأعوام ١٩٠٥،١٩٠٦،١٩٠٧ وصل متوسطها إلى ٠.١٠ % من إجمالي وزن المواد الصلبة المذابة خلال أشهر الفيضان - من أغسطس إلى نوفمبر – و ٠.٠٠٩ % خلال الأشهر الباقية من السنة، في حين أن الملاحظات الشهرية التي أجراها مستر موصيري فيما بين نوفمبر ١٩٢٥ ويوليو ١٩٢٧ قد أمدتنا

بمتوسط مقداره ٠.٠٢٨ % خلال أشهر الفيضان و ٠.٠٣٨ % خلال الشهور الباقية. ولذلك فقد نستنتج أن نسبة الأمونيوم الموجودة في المادة الصلبة المذابة خلال الفترة الزمنية الكاملة التي أجريت فيها التحليلات قد وصل متوسطها في الغالب لبضعة مئات قليلة من واحد بالمئة في كل فصول السنة.

وفيما يختص بالمنجنيز، فإن هذا العنصر كُشف عنه فقط في بقايا دقيقة من مياه النيل، ويصل متوسط نسبته في المادة الصلبة المذابة غالباً إلى كسور ضئيلة من ١%.

وفيما يتعلق بنسب المياه المحتجزة في البقايا الجافة عند وزنها لـ " إجمالي المواد الصلبة المذابة "، فإنها تعد أكبر بكثير من النسب المذكورة السابقة، وهي تتنوع في السلسلة المختلفة من التحليلات نتيجة الاختلافات في درجات حرارة التجفيف المستخدمة. فقد قام بيرنس ولوكاس بتجفيف البقايا عند درجة حرارة ٩٨° م و١٠٠° م، وموصيري عند ١٠٠°م و١٠٥°م، وتود وأزاديان وزيليناس عند ١١٠°م، وويليامسون وألاجيم عند ١٢٠°م. أي أنه بذلك كان متوسط درجة حرارة التجفيف في التحليلات ككل حوالي ١٠٥°م.

وبتبني وجهة النظر في الحصول علي نسب تقريبية لما يمكن أن يكون متوسط نسب المياه المحتجزة في البقايا المجففة عند درجة الحرارة المذكورة أخيراً خلال أشهر الفيضان وخلال الأشهر المتبقية من العام علي الترتيب؛ فقد تكرم دكتور ويليامسون ومستر ألاجيم بناء علي طلبي، وحدَّدا الفاقد من الوزن بالنسبة المئوية فيما بين درجة حرارة ١٠٠°م و ١٢٠° م، وبين ١٠٠°م و ١٨٠°م، في البقايا الناتجة عن التبخير من ست عينات للمياه أخذت من النهر في اشهر يونيو وأغسطس وسبتمبر عام ١٩٣٧، ويناير وفبراير ١٩٣٨، ويعرض جدول (٢٣) لنتائجها.

جدول (٢٣) البقايا الناتجة عن التبخير من ست عينات للمياه أخذت من النهر في أشهر يونيو وأغسطس وسبتمبر عام ١٩٣٧، ويناير وفبراير ١٩٣٨

	النسبة المئوية للفاقد من الوزن	
	فيما بين ١٠٠°م و١٢٠ ° م	فيما بين ١٠٠° م و١٨٠° م
المتوسط من عينتين خلال شهور الفيضان	٢.٦	٤.٤
المتوسط من ٤ عينات خلال الشهور الأخرى	٠.٦	٢.٢

في هذه التجارب، من المحتمل بالطبع أن بعض المياه قد حُجزت في البقايا حتي عند ١٨٠°م، لكن في اعتقادي أن الكمية المحتجزة في هذه الدرجة المرتفعة من الحرارة من غير الراجح أنها اختلفت بشكل كبير

عن تلك الكمية التي فقدت فيما بين ١٠٠°م ودرجة الحرارة المتوسطة (١٦٠°م) التي جفت عندها العينات في التحليلات.

ومن ثم، قد يبدو من الصواب أن نفرض أن متوسط النسب المئوية لفقدان الوزن فيما بين درجة حرارة ١٠٠°م و١٨٠° م التي نتجت عن تجارب دكتور ويليامسون ومستر ألاجيم في بقايا العينات - التي جُمعت خلال أشهر الفيضان وخلال الشهور الأخرى من السنة علي الترتيب - ستشمل لدرجة مقبولة المعدل التقريبي لمتوسط النسب المئوية للمياه الموجودة في البقايا الناتجة عن التبخير التي جرى وزنها من "إجمالي المواد الصلبة المذابة" في التحليلات.

وباتخاذ هذا الافتراض، فسيكون لدينا ٤.٤ % و٢.٢ % كمتوسط تقريبي لنسب المياه الموجودة في "إجمالي المواد الصلبة المذابة" خلال شهور الفيضان وخلال الشهور المتبقية من السنة على الترتيب.

من الطبيعي أن نتوقع أن نسبة الرطوبة المحتجزة في البقايا الجافة الناتجة عن التبخر لا بد أن تكون أعلى خلال موسم الفيضان مقارنةً بنسبتها خلال بقية العام، وذلك بسبب النسب العالية من السليكا التي تكون حينئذ موجودة في تلك البقايا، لكن الاختلاف الموجود يبدو أكبر من كونه سهل التفسير بهذه الطريقة. لذلك، من المحتمل أن الأرقام التي توصلنا إليها بالأعلى قد تبدو غير دقيقة بعض الشيء، لكننا قد نقبلها كأرقام ممثلة لأفضل النسب التقريبية المتاحة لنا في الوقت الحالي.

وبجمع النسب المئوية للعناصر المختلفة التي كُشفت من التحليلات، حسب أرقامها الواردة في جدول(٢٢) وإضافة متوسط النسب المئوية التقريبي للمياه الموجودة في البقايا الجافة في الموسمين حسبما قدرت بالأعلى -ولكن بإهمال الأمونيوم والمنجنيز حيث أنهما يقدَّران معا بأقل من ٠.١ في المئة من إجمالي المواد الصلبة المذابة -سيكون لدينا البيانات التحليلية التالية التي نحسب منها التركيب المتوسط للمادة المذابة خلال شهور الفيضان والشهور الباقية من السنة على الترتيب. (وبالطبع تم حساب مكافئات الجرام لكل ١٠٠جم من المادة المذابة من النسب المئوية عن طريق قسمة الأخيرة على الأوزان المجمّعة للأيونات على الترتيب).

وبحذف مكافئات الجرام المماثلة للنسب المئوية من الأيونات الحمضية والقاعدية الناتجة عن التحليلات، فقد افترضتُ أن أكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديديك بالإضافة إلى السليكا الحرة تعتبر في حد ذاتها موجودة في الماء في الحالة شبة الغروية وليس في صورة أيونات أملاحها. بينما قد يبدو هذا الافتراض خاطئا فيما يتعلق بأكسيد الحديديك (والذي يمكن أن يمثل كربونات الحديدوز) فإن نسبة أكسيد الحديديك الموجود في الماء تعد شديدة الضآلة لدرجة أن الافتراض لا يتيح مجالا لوجود أي كمية محسوسة من الخطأ. وقد أخبرني مستر ألاجيم ذلك عندما ذاب راسب أكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديديك الذي نتج عن تحليل عينات الماء المأخوذة من النهر في أكتوبر ١٩٣٧، في كمية صغيرة من حامض مخفف، ولم ينتج عن إضافة ثيوسينايت Thiocyanate البوتاسيوم إلى المحلول سوى لون باهت للغاية، مما يدل على أن الراسب يتكون في مجمله تقريبا من أكسيد الألومنيوم مع بقايا من أكسيد الحديديك فقط.

لو أن النتائج التحليلية المذكورة سابقاً كانت كلها صحيحة بشكل تام، ولم يُهمل عنصر في التحليلات (باستثناء الكميات شديدة الصغر من الأمونيوم والمنجنيز التي أشرنا إليها سابقا)، فإن النسب المئوية يجب أن تزيد عن ١٠٠، ومجموع مكافئات الجرام للقواعد Bases يجب أن يوازن بدقة مجموع الأحماض Acids في كل حالة. لكن سيلاحظ أن مجاميع النسب المئوية أقل من ١٠٠ بنحو ٣.٨ و٣.٤ أي بنحو ٣.٩٥ و٣.٥٢ في المائة علي الترتيب، بينما مجاميع مكافئات الجرام للأحماض تنقص عن مجاميع مكافئات الجرام للأحماض بـ ٤.٥٠ و ٢.٢٤ في المائة خلال أشهر الفيضان وخلال الشهور الباقية علي الترتيب.

جدول (٢٤) التركيب التقريبي للمادة الصلبة المذابة، حسب النتائج المباشرة للتحليلات التي أجريت من عام ١٩٠٦ حتى ١٩٣٦.

	أشهر الفيضان (أغسطس – نوفمبر)		الأشهر الباقية من السنة	
	النسبة المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة	مكافئات الجرام لكل ١٠٠ جم من المواد الصلبة المذابة	النسبة المئوية لإجمالي المواد الصلبة المذابة	مكافئات الجرام لكل ١٠٠ جم من المواد الصلبة المذابة
كالسيوم	١٦.٨	..838	١٤.٨	.738
مغنسيوم	٤.٩	.403	٤.٥	.370
صوديوم	٨.٣	.361	١٢.٩	.561
بوتاسيوم	٢.٧	.069	٢.٨	.072
أكاسيد حديد وأكاسيد ألومنيوم	٠.٤		٠.٣	
ثالث اكسيد الكربون	٢٩.٨	.993	٣١.٩	
كلور	٣.٥	.098	٨.٢	
رابع اكسيد الكبريت	٥.٣	.113	٥.٥	
ثالث اكسيد النيتروجين	١.١	.018	٠.١	
رابع اكسيد البوتاسيوم	٠.٣	.009	٠.٢	
رابع اكسيد السليكون	٨.٥	..368	٦.٦	
ثاني اكسيد	٩.٢		٥.٧	

السليكون الحر				
المادة العضوية	١.٠		٠.٩	
الماء في البقايا الجافة	٤.٤		2.2	
	٩٦.٢	الفرز.072	٩٦.٦	الفرز.039

وحيث أنه من المؤكد عمليا أنه لا يوجد عنصر بنسب محسوسة يمكن إهماله، فإننا يجب أن نستنتج أن كلاً من النقص عن ١٠٠ من كل نسبة مئوية، ولابد أن يكون النقص الواضح في مجموع مكافئات الجرام للأحماض عند مقارنته مع مجموع مكافئات الجرام للقواعد في كل حالة راجعا إلى تراكم الأخطاء الصغيرة في الحسابات التحليلية. إن مقدار الفروق - بدون شك – تعد أقل قدرا من تلك الفروق التي توجد عامةً في تحليل المياه (١٧)، وهي حقيقة تميل إلى الإشارة إلى أن البيانات التحليلية تعد مضبوطة إلى حد كبير، ولذلك فإننا لا نحتاج لأى قدر من الشك في إجراء تصويبات صغيرة بالتناسب مع المواد المختلفة، مثل أن نُوازن الأحماض مع القواعد ومع إجمالي النسب المئوية إلى ١٠٠، وبتصحيح الأرقام بذلك الأسلوب ستكون لدينا القيم النهائية التي تقوم عليها حساباتنا و المتعلقة بمتوسط كميات المواد المعدنية المختلفة المذابة التي تمر سنويا أمام القاهرة في النهر.

سنبدأ بإجراء تصويبات إضافية إلى النسب المئوية للأحماض، تصل لـ ٤.٥٠ و٢.٢٤ في المائة خلال أشهر الفيضان وخلال الشهور الباقية من السنة على الترتيب. هذا سيحقق توازنا بين مكافئات الجرام للأحماض والقواعد، وفي الوقت نفسه سيُزيد إجمالي النسب المئوية لكل العناصر بنسبة ٩٨.٤ و٩٧.٨ على الترتيب. وحينئذ بإجراء تصحيح آخر مقداره ١.٦ % يضاف إلى كل المواد خلال أشهر الفيضان، و٢.٢ في المائة لكل المواد خلال الشهور المتبقية من السنة (والتي بالطبع لن تشوِّش التوازن بين الأحماض والقواعد)، فإننا في النهاية سنصل بالنسبة المئوية الكلية إلى مائة في كل حالة.

وباتخاذ هذا الإجراء فسيكون لدينا القيم التالية كمتوسط النسب المئوية المرجحة للعناصر المختلفة خلال أشهر الفيضان وخلال بقية العام علي الترتيب، و بالطبع سيكون كشف مقدار تلك العناصر المماثلة الموجودة في الماء - بالجزء في المليون - أسهل عن طريق ضرب النسب المئوية في ١.٣٨ و ١.٩١، حيث الـ ١٣٨ و١٩١ تُعدّان على الترتيب، الرقمين المتوسطين للأجزاء في المليون لإجمالي المواد الصلبة المذابة في الماء خلال شهور الفيضان وخلال الشهور المتبقية من السنة خلال الفترة ١٩٠٦- ١٩٣٦، حسبما تم استنتاجها من الأرقام في جدول (٦).

وباستخدام الأجزاء في المليون المذكورة في العمودين الأخيرين من الجدول بالأعلى والأرقام المذكورة في الجداول السابقة للكميات المتوسطة اليومية من الماء التي تمر أمام القاهرة في الشهور المختلفة من السنة، سيكون بالطبع في مقدورنا أن نحسب بسهولة النسبة التقريبية لمتوسط إجمالي كميات القواعد والأحماض المختلفة المذابة التي تمر سنويا في نيل القاهرة. لكن من وجهة النظر الجغرافية لا تعد كميات الأحماض

والقواعد المختلفة المحمولة في الماء ذات أهمية كبرى، مقارنةً بكميات المواد المعدنية المذابة التي تمثلها تلك الأحماض والقواعد.

جدول (٢٥) متوسط التركيب الكيميائي للمواد الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة، والأجزاء في المليون للعناصر المختلفة المذابة الموجودة في الماء ١٩٠٦-١٩٣٦.

العناصر	النسبة المئوية للمادة الصلبة المذابة		الأجزاء في المليون المذابة في الماء	
	شهور الفيضان (أغسطس – نوفمبر)	بقية السنة	شهور الفيضان (أغسطس – نوفمبر)	بقية السنة
كالسيوم	١٧.١	١٥.١	٢٣.٦	٢٨.٨
مغنسيوم	٥.٠	٤.٦	٦.٩	٨.٨
صوديوم	٨.٤	١٣.٢	١١.٦	٢٥.٢
بوتاسيوم	٢.٧	٢.٩	٣.٧	٥.٥
ألومينا وأكسيد الحديد	٠.٤	٠.٣	٠.٦	٠.٦
حامض الكربونيك وثاني أكسيد الكربون	٣١.٧	٣٣.٤	٤٣.٦	٦٣.٨
كلورين	٣.٧	٨.٦	٥.١	١٦.٤
حامض الكبريتيك ورابع أكسيد الكبريت	٥.٦	٥.٨	٧.٧	١١.١
حامض النيتريك وثالث اكسيد النتروجين	١.٢	٠.١	١.٦	٠.٢
حامض الفوسفوريك ورابع أكسيد البوتاسيوم	٠.٣	٠.٢	٠.٤	٠.٤
الحامض السليكاتي ورابع اكسيد السليكون	٩.٠	٦.٩	١٢.٤	١٣.٢
السليكا الحرة وثاني أكسيد السليكون	٩.٤	٥.٨	١٣.٠	١١.١
المادة العضوية	١.٠	٠.٩	١.٤	١.٧

الماء في البقايا الجافة	٤.٥	٢.٢	(٦.٢)	(٤.٢)
	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٣٨.٠	١٩١.٠

ولكي نكون قادرين على حسابها، يجب أولا أن نعرف كيف ضُمت الأحماض والقواعد المختلفة لبعضها البعض عند دخولها الأصلي إلى المادة المذابة في الماء. وبالطبع، لا تقدم لنا التحليلات أية معلومات مباشرة عن هذه النقطة، لأن جزئيات المواد المعدنية المذابة ستكون قد تفككت إلى أيونات مكوناتها في المحلول. وكذلك لن تكون لدينا معلومات عن الطريقة التي تنضم بها القواعد والأحماض لبعضها البعض في البقايا الجافة، لأن المركبات في البقايا الناتجة عن التبخر تعد بالتأكيد في حالات كثيرة مختلفة عن تلك الموجودة في المواد المعدنية التي ذابت في الأساس. مع ذلك، قد نحصل على قدر كبير من المعلومات فيما يختص بالطريقة التي تجمعت بها الأحماض والقواعد المختلفة إلى بعضها البعض، وذلك عن طريق فحص مسارات التغيرات السنوية لمقاديرها النسبية في إجمالي المواد الصلبة المذابة، حسبما قيست في التحليلات الدورية التي كانت تُجرى أسبوعيا أو شهريا على امتداد العام. ولو وجد أن نسب قاعدة معينة وحمض معين لا تتماثلان مع بعضهما البعض في الفصول المختلفة؛ فقد نستنتج عن يقين أن ذلك الحمض وتلك القاعدة كانتا متحدتيْن مع بعضهما البعض في الوقت الذي دخلتا فيه إلى المحلول المذاب في ماء النهر، بينما من الناحية العكسية سيؤدى غياب أي تماثل بين الاثنين إلى الاستنتاج أن تلك القاعدة كانت متحدة مع حامض آخر، وذلك الحامض كان متحداً مع قاعدة أخرى في الوقت الذي دخلتا فيه إلى المحلول المذاب.

وبالطبع كثيرا ما سيحدث أن جزءً من إجمالي كمية قاعدة معينة موجودة سيتحد في الأساس مع حامض واحد، وجزء آخر مع حامض آخر، ونفس الشيء بالنسبة لإجمالي كمية حامض معين موجود، لدرجة أن التماثل نادراً ما يكون كاملا؛ ولكن عندما يكون الاتحاد قد شمل جميع الأحماض والقواعد الموجودة أو جزءاً منها، فقد نتوقع أن تكون درجة التماثل مميزة بشكل لا شك فيه. قد نشتق مساعدة أخرى في تكوين رأي بخصوص الطريقة التي تتحد بها الأحماض والقواعد المختلفة في الأساس مع بعضها البعض، وذلك من معرفة الطبيعة العامة للصخور التي تتكون منها البلاد التي مر بها النهر والأثر الجيولوجي للأمطار عليها.

ولكي نطبق الأساسيات المذكورة سابقا على حالة مياه النيل عند القاهرة، فقد رسمتُ في شكل (٢٦) سلسلة من المنحنيات البيانية تمثل المسارات السنوية للتغيرات في مكافئات الجرام للقواعد الأساسية والأحماض لكل ١٠٠ جم من إجمالي المواد الصلبة المذابة، حسبما استُنتجت من التحليلات التي أجراها موصيري على فترات شهرية خلال السنوات ١٩٢٤- ١٩٢٧.

سيلاحظ من الرسم البياني أن الانخفاض المميز الذي يحدث في نسبة الكلورين في سبتمبر يرافقه انخفاض مشابه في نسبة الصوديوم، إذ يمكن أن نستنتج أن الكلورين دخل بشكل أساسي إلى المحلول المذاب متحداً مع الصوديوم في صورة كلوريد الصوديوم، وكذلك نرى أن منحنى الحامض السليكاتي يُظهر قدراً كبيراً من التماثل مع منحنى الكالسيوم، والذي قد نستنتج منه أن الحامض السليكاتي قد دخل بشكل

أساسي إلى المحلول المذاب متحداً مع الكالسيوم في صورة سليكات الكالسيوم، وكذلك أن منحني حامض الكبرتيك يظهر قدراً ما من التشابه مع منحنى الماغنسيوم، والذي يدل على أن معظم – إن لم يكن كل – حامض الكبريتيك قد دخل إلى المحلول المذاب متحداً مع المغنسيوم في صورة كبريتات المغنسيوم، وأن المنحنى الكبير المتخذ شكل سنام الجمل الخاص بحامض الكربونيك في شهري يونيو ويوليو تصاحبه زيادة مماثلة في منحنيات الصوديوم والبوتاسيوم، وهو بذلك يدل بشكل واضح على أن جزءا كبيرا من الصوديوم، وكذلك كل البوتاسيوم في الغالب، قد دخل إلى المحلول المذاب في صورة كربونات.

تعد نسب حامض الفوسفوريك وحامض النيتريك الموجودة في المادة الصلبة المذابة شديدة الصغر، حسبما يتضح من منحنياتهما للتغيرات السنوية في الرسم البياني لشكل ؟. وبالتأكيد فإن حامض الفوسفوريك – الذي بلغ متوسط مكافئات الجرام له حوالي ٠.٠٠٩ لكل ١٠٠ جم من إجمالي المواد الصلبة المذابة خلال أشهر الفيضان و ٠.٠٠٦ خلال الأشهر الباقية من السنة – قد دخل إلى المحلول المذاب متحداً مع الكالسيوم في صورة فوسفات الكالسيوم، وهذه تعد الصورة المتحدة التي يوجد بها في الصخور البركانية لحوض النيل (في شكل بللورات دقيقة من الأباتيت). وفيما يتعلق بحامض النيتريك؛ فإن متوسط مكافئات الجرام منه تصل لحوالي ٠.٠١٨ لكل ١٠٠ جم من إجمالي المواد الصلبة المذابة خلال أشهر الفيضان و ٠.٠٠٢ فقط خلال بقية العام، وإن حقيقة أن هذا العنصر يعد موجوداً بنسبة أكبر بكثير خلال أشهر الفيضان مقارنة بالمواسم الأخرى، تدل بوضوح أنه مشتق في الأساس من حوض النيل الأزرق حيث - علي الرغم من أن نسبة معينة منه تجئ بلا شك من الجو مباشرة عن طريق هطول الامطار – من المحتمل أنه قد تكوَّن في التربة بفعل البكتريا علي الأرض الخضراء ثم نزح إلى النهر، متحدا في الغالب مع الكالسيوم في كل موسم للمطر. لكن كما سأستطرد بالتفصيل فيما بعد، من الممكن أن جزءاً من حامض النيتيريك الموجود في مياه النيل عند القاهرة قد ينتج عن نزوحه إلى النهر من جزء من النيترات القابلة للذوبان المستخدمة لتسميد الأرض الزراعية في صعيد مصر.

من الاستنتاجات المذكورة بالأعلى الخاصة بالصور المتحدة المحتملة التي دخلت بها الأحماض والقواعد المختلفة إلى المحلول المذاب بمياه النهر، فقد نتوصل إلى الآتي كإجراء صحيح على وجه التقريب نترجم به نسب الأحماض والقواعد المختلفة الموجودة في النهر عند القاهرة إلى نسب المركبات المعدنية المختلفة التي تمثلها: -

١. يخصَّص كل الكلوريد إلى الصوديوم ككلوريد الصوديوم $NaCl$.

٢. يخصص حامض الكبريتيك إلى المغنسيوم ككبريتات المغنسيوم $MgSo_4$.

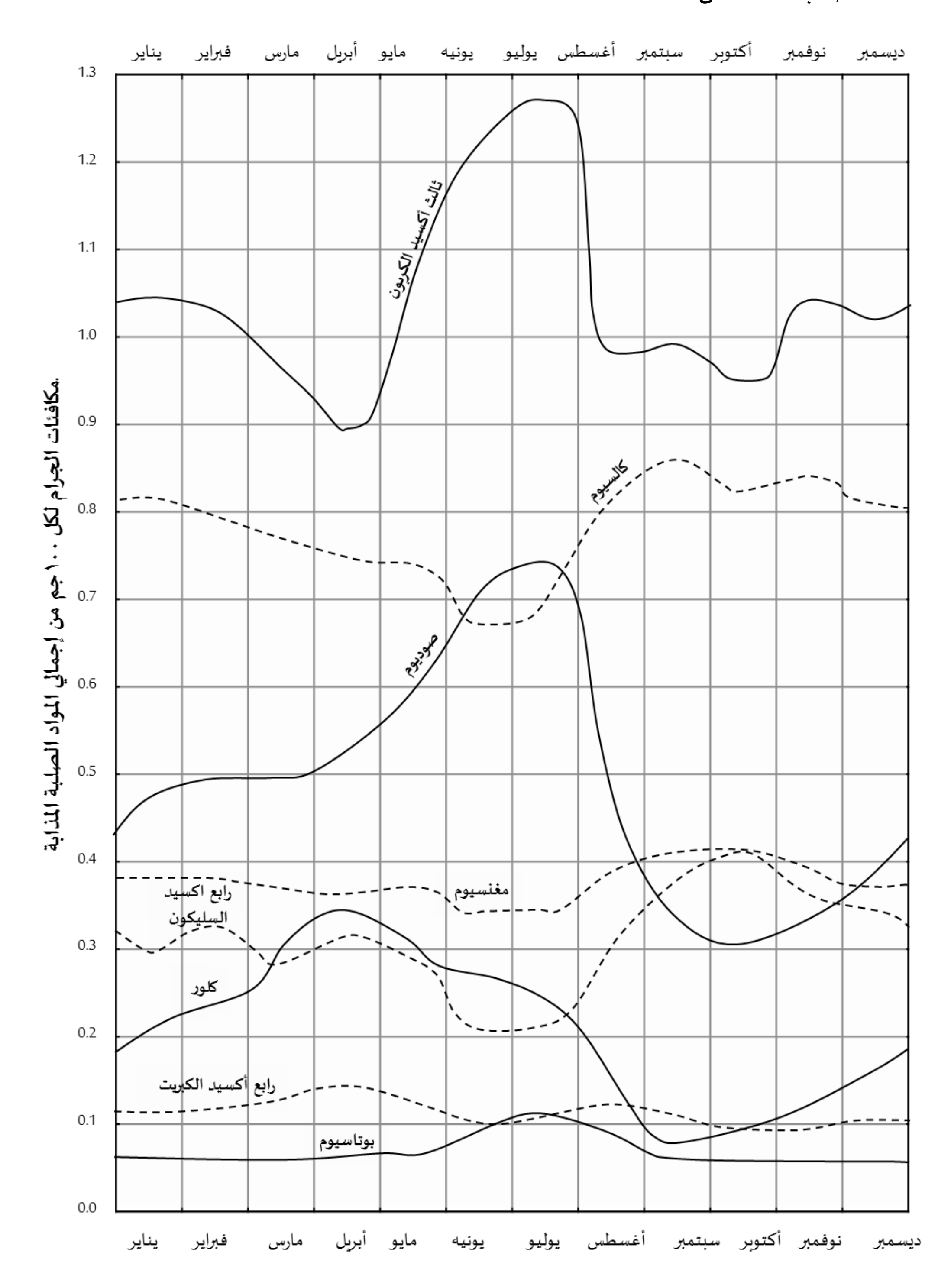
٣. يخصص حامض النيتريك إلى الكالسيوم كنيترات الكالسيوم $Ca\ (NO_3)_2$.

٤. يخصص حامض الفوسفوريك إلى الكالسيوم كفوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)$

٥. يخصص الحامض السليكاتي إلى الكالسيوم كسليكات الكالسيوم Ca_2SiO_4

٦. يخصص البوتاسيوم إلى حامض الكربونيك ككربونات البوتاسيوم K_2CO_3.

٧. يخصص كل الباقي من الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم إلى حمض الكربونيك كالكربونات الخاصة بتلك المعادن.



شكل٢٦: منحنيات تبين التغيرات السنوية في المقادير النسبية للعناصر الكيميائية المختلفة للمادة الصلبة المذابة في النيل عند القاهرة، حسبما استُنتجت من تحليلات موصيري خلال السنوات ١٩٢٤ – ١٩٢٧.

وبتطبيق هذا الإجراء على نسب القواعد والأحماض كما هو مذكور سابقا، فسيكون لدينا التقديرات التالية التي يضمها الجدول التالي والذي يعرض النسب المتوسطة التقريبية للمواد المختلفة المذابة في النيل عند القاهرة خلال أشهر الفيضان الأربعة (أغسطس – نوفمبر) وخلال الثمانية أشهر المتبقية من السنة علي الترتيب:

جدول (٢٦) النسب المتوسطة للمواد المتنوعة المذابة في مياه النيل عند القاهرة ١٩٠٦- ١٩٣٦

	النسبة المئوية للمادة الصلبة المذابة		الاجزاء في المليون المذابة في الماء	
	شهور الفيضان (اغسطس – نوفمبر)	بقية السنة	شهور الفيضان (إجمالي المواد الصلبة ١٣٨)	بقية السنة (إجمالي المواد الصلبة ١٩١)
كربونات الكالسيوم	٢١.٨	٢٢.٥	٣٠.١	٤٣.٠
كربونات المغنسيوم	١٢.٤	١٠.٨	١٧.١	٢٠.٦
كربونات الصوديوم	١٣.٨	١٧.٦	١٩.٠	٨٣.٦
كربونات البوتاسيوم	٤.٨	٥.١	٦.٦	٩.٨
كلوريد الصوديوم	٦.١	١٤.١	٨.٤	٢٦.٩
كبريتات المغنسيوم	٧.٠	٧.٣	٩.٧	١٣.٩
نيترات الكالسيوم	١.٥	٠.٢	٢.١	٠.٤
فوسفات الكالسيوم	٠.٥	٠.٣	٠.٧	٠.٦
سليكات الكالسيوم	١٦.٨	١٢.٩	٢٣.٢	٢٤.٦
السليكا الحرة	٩.٤	٥.٨	١٣.٠	١١.١
الالومينا واكسيد الحديد	٠.٤	٠.٣	٠.٥	٠.٦
المادة العضوية	١.٠	٠.٩	١.٤	١.٧
الماء المحتجز في البقايا الجافة الناتجة عن التبخير	(٤.٥)	(٢.٢)	(٦.٢)	(٤.٢)
	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٣٨.٠	١٩١.٠

سيلاحظ من الأرقام المذكورة بالأعلى أن الكربونات (التي توجد في المحلول المذاب بشكل رئيسي في صورة بيكربونات) تشكل إلى حد بعيد الفئة الأكثر وفرة في المواد المعدنية المذابة، مشكّلة في الحقيقة حوالي ٣٢ في المائة من إجمالي المواد الصلبة المذابة خلال أشهر الفيضان وحوالي ٥٦ في المائة خلال بقية العام.

تشكل كربونات الكالسيوم وحدها حوالي ٢٢ في المائة في المتوسط، وكربونات المغنسيوم حوالي ١١- ١٢ في المائة، وكربونات الصوديوم ١٤- ١٨ في المائة (وتعد الأدنى خلال شهور الفيضان)، وكربونات الكالسيوم حوالي ٥ في المائة من إجمالي المواد الصلبة المذابة. ومثل نسب كربونات الصوديوم، فإن نسب كلوريد الصوديوم وسليكات الكالسيوم والسليكا الحرة تتنوع بشكل كبير حسب الفصل السنوي، ويتميز ذلك التنوع علي نحو خاص في حالة كلوريد الصوديوم - الذي يصل متوسطه لستة في المائة فقط من إجمالي المادة الصلبة المذابة خلال شهور الفيضان - ولكن يصل إلى حوالى ٤ في المئة خلال الثمانية شهور المتبقية من السنة. ويصل متوسط سليكات الكالسيوم والسليكا الحرة لحوالي ١٧ في المائة و٩ في المائة علي الترتيب من إجمالي المواد الصلبة المذابة خلال شهور الفيضان، ولكنه يصل لحوالي ١٣ في المائة و ٦ في المائة علي الترتيب خلال الشهور الباقية من العام. وتعد نسبة كبريتات المغنسيوم ثابتة تقريبا إذ يصل متوسطها لحوالي ٧ في المائة من إجمالي المواد الصلبة المذابة في جميع فصول العام.

ولأن نسب المواد الصلبة المذابة تُعدّ الأصغر خلال شهور الفيضان، فإن الأجزاء في المليون للمواد المذابة الموجودة في الماء تعد أيضا الأصغر خلال موسم الفيضان، باستثناء النيترات وفوسفات الكالسيوم والسليكا الحرة، حيث أن مقدار الأجزاء في المليون منها في الماء تعد الأعلى خلال شهور الفيضان.

وبناء على مقدار الأجزاء في المليون للمواد المذابة المختلفة المذكورة في الجدول السابق، ومتوسط أحجام مياه النيل قبالة القاهرة خلال شهور الفيضان الأربعة وخلال الثمانية أشهر الباقية من كل عام على امتداد الفترة ١٩٣٠- ١٩٣٦، التي كانت حوالي ٥٣كم[٣] و١٩كم[٣] على الترتيب، فيمكننا بسهولة أن نوجد بعملية ضرب حسابية بسيطة متوسط إجمالي كميات المواد المختلفة بالأطنان سنويا التي يحملها النهر أمام القاهرة في صورة مذابة. وبهذه الطريقة حصلنا علي النتائج المكتوبة في جدول (٢٧).

وباعتبار أن متوسط الثقل النوعي للمواد المذابة يبلغ حوالي ٢.٣، فإن المادة الصلبة المذابة المحمولة سنويا قبالة القاهرة ستشغل حجما يصل لحوالي ٤.٦ مليون متر مكعب، أو ضعف حجم الهرم الأكبر تقريبا. قد يلاحظ أن الجزء الأكبر من كربونات الكالسيوم الذي يشكل نسبة كبيرة من إجمالي المواد الصلبة المذابة في النهر لا تنشأ – كما يبدو أول وهلة من الأحجار الجيرية، ولكنها – مثل المواد المعدنية المذابة الأخرى – ناتجة عن تفكك الصخور النارية والمتحولة، لأنه علي الرغم من أن الأحجار الجيرية تنتشر علي نطاق واسع في مصر، فهي لا تغطي إلا جزءاً صغيراً فقط من حوض النيل ككل، فصخور هضبة البحيرات أساسها من النايس، وتلك الخاصة بالهضبة الحبشية أساسها اللافا البركانية.

إن النسب شديدة الصغر من الحديد والألومنيوم هي فقط التي توجد مذابة في مياه النيل، برغم حقيقة أن هذين المعدنين يوجدان بوفرة في صخور وادى النيل (يشكل الحديد عنصرا هاما من معادن سليكات منجنيز الحديد مثل الهورنبليند، الأوجيت، الميكا، التي تعد جميعها مصدرا لجزء من الكالسيوم ولمعظم المغنسيوم المذاب بعد تفتيتها. ويعد الألومنيوم عنصراً هاما بنفس الدرجة من الأهمية من معادن سليكات الألومينا القلوية، مثل الفلسبار الذي يُنتج معظم بقايا الكالسيوم المذاب والجزء الأكبر من الصوديوم والبوتاسيوم الذائبين)، ويسهل تفسير ذلك عندما نضع في أذهاننا أن الحديد الذي يتفكك لصورته الحرة عند تجوية معادن منجنيز الحديدوز يتخذ معظمه حالة هيدروكسيد الحديد، بينما

سليكات الألومينا المحررة من تجوية الفلسبار تمتص الماء وتشكل الكاولين. ولأن هيدروكسيد الحديد والكاولين كلاهما غير قابل للذوبان في الماء؛ فإن هاتين المادتين ستُحملان كمواد عالقة في النهر بدلا من محلول مذاب.

جدول (٢٧) المتوسط التقريبي لإجمالي كميات المواد المذابة التي يحملها نهر النيل سنوياً أمام القاهرة (١٩٠٦-١٩٣٦)

	خلال شهور الفيضان الاربعة (اغسطس – نوفمبر) بالطن	خلال الشهور الثمانية الباقية من السنة- بالطن	الإجمالي للسنة - بالطن
كربونات الكالسيوم	١.٥٩٥.٣٠٠	٨١٧.٠٠٠	٢.٤٢١.٣٠٠
كربونات المغنسيوم	٩٠٦.٣٠٠	٣٩١.٤٠٠	١.٢٩٧.٧٠٠
كربونات الصوديوم	١.٠٧٠.٠٠٠	٦٣٨.٤٠٠	١.٧٠٨.٤٠٠
كربونات البوتاسيوم	٣٤٩.٨٠٠	١٨٦.٢٠٠	٥٣٦.٠٠٠
كلوريد الصوديوم	٤٤٥.٢٠٠	٥١١.١٠٠	٩٥٦.٣٠٠
كبريتات المغنسيوم	٥١٤.١٠٠	٢٦٤.١٠٠	٧٧٨.٢٠٠
نيترات الكالسيوم	١١١.٣٠٠	٧.٦٠٠	١١٨.٩٠٠
فوسفات الكالسيوم	٣٧.١٠٠	١١.٤٠٠	٤٨.٥٠٠
سليكات الكالسيوم	١.٢٢٩.٦٠٠	٤٦٧.٤٠٠	١.٦٩٧.٠٠٠
السليكا الحرة	٦٨٩.٠٠٠	٢١٠.٩٠٠	٨٩٩.٩٠٠
الألومينا وأكسيد الحديد	٢٦.٥٠٠	١١.٤٠٠	٣٧.٩٠٠
المادة العضوية	٧٤.٢٠٠	٣٢.٣٠٠	١٠٦.٥٠٠
الاجمالي	٧.٠٤٨.٤٠٠	٣.٥٤٩.٢٠٠	١٠.٥٩٧.٦٠٠

التأثير المتوقع للأسمدة الكيميائية في مصر العليا على مياه النيل عند القاهرة

حتى بداية القرن العشرين، كانت كميات ضئيلة فقط من الأسمدة الصناعية القابلة للذوبان في الماء تُستخدم في الزراعة بمصر. لكن ازداد في السنوات الأخيرة استهلاك هذه الأسمدة في البلاد بشكل كبير، حيث تصل الآن إلى أكثر من نصف مليون طن كل عام. والسؤال الذي يطرح نفسه يتعلق بما إذا كانت نسب عناصر معينة في المادة الصلبة المذابة بالنهر عند القاهرة ربما لم تتعرض لقدر محسوس من الزيادة

وأن السبب الحقيقي ربما يرجع إلى أن نسبةً ما من الأسمدة الصناعية المستخدمة في أراضي صعيد مصر قد حملتها مياه الصرف كمحلول مذاب من الأراضي، وبالتالي دخلت إلى النهر.

قد تتكون لدينا فكرة فيما يتعلق بالإجابة المحتملة على هذا السؤال بأن نحاول أولا أن نقدر علي التقريب إجمالي كميات الأسمدة الكيميائية التي تستخدم سنويا في أراضي صعيد مصر في السنوات الأخيرة، ثم بأخذ ما ينتج لنا كتخمين لمتوسط نسب الأسمدة التي استخدمت وستدخل للنهر كمحلول مذاب في ماء الصرف الناتج عن تلك الاراضي.

يبين لنا جدول (٢٨) إجمالي كميات الأسمدة الصناعية التي استوردتها مصر في سنوات ١٩٠٦، ١٩١٦، ١٩٢٦، ١٩٣٦، حسبما سُجلت في الإحصاء السنوي *Annuaire Statistique*.

جدول (٢٨) الأسمدة الصناعية التي استوردتها مصر

	١٩٠٦[١٨]	١٩١٦	١٩٢٦	١٩٣٦
	بالطن	بالطن	بالطن	بالطن
نيترات الصودا	١٠.٥٠٠	١٩.٣٥٠	١٧٢.٨٤٩	٢٠٧.٣٨٠
نيترات الجير	---	---	٢٥.٢٣٦	١٧٦.١٨٧
نيترات الأمونيا	---	---	---	١٩.٥٨١
سلفونيترات الأمونيا[١٩]	---	---	---	١٥.٦٣٧
نيترو الطباشير[٢٠]	---	---	---	٤٦.٢٤٣
كبريتات الأمونيا	٧٠٠	٢.٦٢٠	٣.٤٥٣	١٨.٢٩٦
سوبر فوسفات الجير	١.٥٠٠	٣.٢٥٠	٣٦.٧٩١	٨٦.٦٦١
أسمدة أخرى	٢٥	٢١٢	٤.٧٤٤	٢.٤٥٣
المجموع	١٢.٧٢٥	٢٥.٤٣٢	٢٤٣.٠٧٣	٥٧٢.٤٣٨

يلاحظ من الجدول أن كميات الأسمدة النتيروجينية المستوردة تتعدى كميات الأسمدة الفوسفاتية بحوالي ٦ إلى واحد. تُستهلك الأسمدة الفوسفاتية بشكل أساسي في الدلتا، وحتي سنة أو سنتين ماضيتين لم تكن قد استعملت على الإطلاق في صعيد مصر، وما تزال محدودة الاستهلاك مقارنة بالأسمدة النيتروجينية لدرجة أننا يمكن أن نهملها بالكامل من حسباننا. وفيما يختص بالأسمدة النتيروجينية، فقد علمت أن حوالي خمسين بالمائة من الاستيراد الكلي منها يُستخدم في أراضي وادي النيل جنوبي القاهرة.

فيما يتعلق بمقدار نسبة الأسمدة النتيروجينية المستخدمة في الأرض التي تذهب إلى النهر عن طريق مياه الصرف؛ فليست لدينا في الوقت الحالي أية وسيلة لحساب التقدير الدقيق، ولكن من أجل بحثنا سيبدو من الصواب أن نفترض أنها قد تبلغ مقدار العُشر. وذلك يتضمن أنه في مكان ما ستبلغ النسبة نحو ٧ % من مقدار الاستيراد الكلي للأسمدة النتيروجينية التي تذهب إلى النهر سنوياً قبل وصوله للقاهرة، ويوضح الجدول التالي (المبني علي هذه النسبة) كميات العناصر المعدنية المختلفة التي قد يُفترض بذلك أنها دخلت للنهر في صورة محلول مذاب في مياه الصرف الزراعي في سنوات مختلفة.

جدول (٢٩)

المركب	١٩٠٦	١٩١٦	١٩٢٦	١٩٣٦
	بالطن	بالطن	بالطن	بالطن
كالسيوم	---	---	٤١١	٣.٤١١
صوديوم	١٨٩	٣٤٨	٣.١١٠	٣.٧٣٢
أمونيوم	١٣	٤٨	٦٣	١.٢٢١
حمض الكربونيك، ثالث أكسيد الكربون	---	---	---	٩٩٩
حمض النيتريك، ثالث أكسيد النتيروجين	٥١٠	٩٣٩	٩.٦٨٤	٢١.١٩٨
حمض الكبريتيك، رابع أكسيد السليكون	٣٣	١٢٦	١٦٨	١.٥٣٩

وبأخذ متوسط إجمالي كمية المادة الصلبة المذابة في النهر التي تمر سنويا في القاهرة بمقدار ١٠.٧ مليون طن، فإن الأرقام المذكورة بالأعلى تماثل النسب المئوية التي يعرضها الجدول التالي لإجمالي المواد الصلبة المذابة.

جدول (٣٠)

المركب	١٩٠٦	١٩١٦	١٩٢٦	١٩٣٦	الزيادة ١٩٠٦-١٩٣٦
	%	%	%	%	%
كالسيوم	---	---	.004	.048	.048
صوديوم	.0018	.0032	.029	.033	.023
أمونيوم	.0001	.0005	.001	.011	.011
حمض الكربونيك، ثالث اكسيد الكربون	---	---	---	.009	.009
حمض النيتريك، ثالث اكسيد النتيروجين	.0048	.0088	.090	.193	.193
حمض الكبريتيك، رابع أكسيد السليكون	.0003	.0011	.002	.014	.014

ومن الزيادات المحسوبة في العمود الأخير من الجدول أعلاه فإن أكبرها على الإطلاق هو ٠.١٩٣ والذي يتناول النسبة المئوية لحامض النيتريك، بينما من بقية الأرقام فإن الرقم الوحيد الملحوظ في التحليلات التي أجريت على امتداد عشرين عاما أو يزيد هو ٠.٠١١ الخاص بالنسبة المئوية للأمونيوم. ومن ثم، قد يبدو من الطبيعي من النظرة الأولي أن نستنتج أن النسب المئوية المتزايدة التي تبلغ حوالي ٠.٠١٨ و ٠.٠٢ من حامض النيتريك ومن " الأمونيا الحرة " علي الترتيب، واللتين لاحظهما موصيري في مياه النيل في الفترة ١٩٢٥ – ١٩٢٧ مقارنةً مع تلك النسب التي كشفها مستر لوكاس قبله بعشرين سنة، وهي نسبة قد يكون سببها الاستخدام المتزايد للأسمدة القابلة للذوبان في هذه الفترة الزمنية. ومع ذلك من غير الراجح أن يكون هذا هو التفسير الصحيح للزيادات التي لوحظت، وبالأخص تلك الخاصة بـ "الأمونيا الحرة "؛ لأن آثار البكتريا وغيرها في التربة ستمنع أملاح الأمونيوم من الانسلال إلى ماء الصرف، والدليل المتاح المتعلق بتركيب مياه الصرف القادمة من الأراضي المسمَّدة بمصر يوحي أن كميات حامض النيتريك -التي من الأرجح أنها دخلت إلى ماء الصرف تعد أصغر من الكمية المذكورة في الحسابات المشار إليها بالأعلى.

(١) Popp(O.) “ Ueber das Nilwasser “ , Liebig’s Annalen ,Vol 155 (1875) pp.334-348.
ولقد نُشر ملخص لهذه الورقة البحثية في: The Chemical News of October 21, 1870, p.202.

(٢) هذا يرجع بالطبع إلى نظام ري الحياض، والذي كان يستعمل في ١٨٧٠ في مناطق من مصر السفلى وكذلك مصر العليا. تعد فكرة بوب – التي لا أذكر أنني رأيتها مذكورة في مكان آخر – مثيرة للاهتمام، وسيبدو ممكناً تماماً أن ترسب المادة الزغبية من محلول مياه النيل بعد تركه لمدة قد يساهم بعض الشيء في خصوبة الأراضي المروية، عن طريق تفعيل إضافات إلى نسب المواد شبه الغروية والقواعد القابلة للتبادل الموجودة بالفعل في التربة.

(٣) لايبدو أن دكتور ليتيبي – الذي كان في ذلك الوقت طبيبا بالإدارة الصحية و محللا للغذاء في لندن قد نشر أي أعمال عن تحليلاته لمياه النيل، إلا أن نتائجه قد سجلها سير بنجامين بيكر بعد حوالي خمس سنوات في ورقة بحثية باسم “ The River Nile[٣] نشرت في The proceedings of the institution of civil Engineers , vol IX (1880) pp.367-379.

(٤) بخصوص تصوير أهمية الاختيار الدقيق للموقع عند جمع عينات من ماء النهر للتحليل، أخبرني دكتور ويليامسون أنه في عام ١٩٣٢، عندما كان يبدأ اعماله البحثية عن مياه النيل في القاهرة - التي سنتناولها بعد قليل - أخذ في البداية عيناته بالقرب من جسر الروضة لكنه وجد النتائج غير قياسية لدرجة أنه توقع أنها اختلطت بمياه الصرف، وفي النهاية اكتشف أنه كان هناك تدفق لمياه الصرف الزراعية في النهر بالقرب من المكان، ولهذا السبب فقد جمع عيناته من موقع عند كوبري إمبابة، الذي لم يكن في محيطه أي تدفق لمياه الصرف.

(5) Burns (A.C), “ Notes on the composition of the dissolved solids of the River “. Yearbook of the Khedivial Agricultural society for 1906, Cairo 1907, pp.180- 183.
فيما يبدو أنه خطأ مطبعي، تداخلت مقادير البوتاس والصودا في الجدول بصفحة ١٨٨ من ورقة بيرنس البحثية، وهذا الخطأ – الذي يتضح من سياق البحث – قد صُحح بالطبع في الملخص الذي ذكرناه هنا عن نتائجه.

(6) Lucas (A.), “The chemistry of the River Nile“, Cairo 1903, pp.26, 30,31.

(٧) سُجل ذلك في المحاليل الحمضية بعد غليها لمدة عشر دقائق. من المحتمل أن هذه هي أفضل طريقة متاحة في الوقت الحالي لتقدير نسب المادة العضوية المذابة في مياه النيل. ويقول دكتور وانكلين (water Analysis , 7th edition , London ,1898 , p.58) أنه " في العموم قد نؤكد أن الوزن الفعلي للمادة العضوية في لتر من ماء الشرب يعد تقريبا معادلا لوزن الاكسجين المستهلك عندما يخضع لتر من الماء لعملية الاحتراق الرطب "، ويضيف أنه لو كانت المادة العضوية هي السليلوز، فإن التقدير التقريبي سيكون قريباً جدا من نفس الوزن.

(8) Lucas (A.), “The Blackened Rocks of the Nile Cataracts “ , Cairo,1905, p.33.

(9) Reports and Notes of the Public Health Laboratories ,Cairo ,1902 ,pp.1-5 ; and Azadian (A.) ,”Les Eaux d’Egypte” ,Cairo 1930 ,Vol.1 ,pp. 36-40. النتائج التحليلية المجدْولة المذكورة في البحث المنشور الأخير امتلأت للأسف بأخطاء مطبعية كثيرة، الا أن معظمها أمكن تصحيحه في نسخة عربية مطابقة من تلك الورقة البحثية نشرت في الوقت نفسه. (وقد أخبرني دكتور أزاديان أن السجلات التحليلة الأصلية ومخطوطة الكتاب قد تلفت بعد حادث عرضي).

(10) Aladjem (R.), “Seasonal vaiation in salinity of Nile water at Roda (Giza) , with special reference to alkaline carbonates “. Bulletin No.69 of the Technical and Scientific Service of Agriculture, Cairo, 1926.

(11) Mosseri (V.M.), “ Les carbonates et bicarbonates en dissolution dans les eaux du Nil” Bulletin.Inst. d’Egypte, Tome VII (1925) pp.155-162.

(١٢) نشر مستر موصيري نتائج التحليلات الفردية الشهرية في الصفحات ١٧-٢٢ من كتيب عنوانه: ““ Contribution a l’etude des eaux et du limon du Nil “(oeuvre posthume de Victor M. Mosseri) ,Cairo ., 1936

لكن نسب البيكربونات المسجلة هناك الناتجة عن طريقة المعايرة الكيميائية للمياه كانت قيمها خاطئة، ولم تُذكر نسب اوكسيد الحديد وأكسيد الألومنيوم والحمض الفوسفوري. وقد تأكدت أن الرقم ١٥٧ الخاص بإجمالي المواد الصلبة للعينة رقم ٧ في ص ٢١ من الكتيب هو خطأ مطبعي حيث ان الرقم الصحيح هو ١٧٦، وقد أخبرني مستر هنري موصيري أن الأرقام المسجلة للكالسيوم في التحليلات الأربعة الأولى في ص ٢٢ من الكتيب يجب أن تكون على الترتيب: ٢٢.٨، ٢٢.٨، ٢٣.٠، ٢٢٩.٨ بدلا من ٣٢.٠، ٣٢.٢، ٣٢.٠، ٤١.٨.

([13]) Xilinas (E.M.). "Le Nil, son limon, et la terre egyptienne", Cairo 1936, pp.44 ,45.

(١٤) عند اشتقاق المتوسطات الحسابية الشهرية من التحليلات، استخدمت المعادلة: a+2b+c /1 حيث a , b النسب الناتجة عن التحليلات التي أجريت في اليوم الاول والسادس عشر من الشهر على الترتيب، و c هي النسب الناتجة عن التحليل الذي أجري في اليوم الأول من الشهر التالي.

(١٥) من خمسة حسابات فقط.

([16]) Lucas (A.), " The chemistry of the River Nile " , Cairo, 1908, p. 80.

(١٧) وفقا لكتيب " الطرق القياسية لتحليل المياه " الذي نشرته جمعية الصحة العامة الامريكية (١٩٣٦ ص ٥٤) ؛ من المعتاد في الاجراءات العملية الروتينية في تحليل المياه ان نتوقع تغيرا في التوازن بين الأحماض والقواعد بمقدار يبدأ بـ ١٥ بالمائة في المياه المحتوية على ٥٠ جزء في المليون من المادة المذابة حتى ٢ بالمائة في المياه المحتوية على ما يزيد على ١٠٠٠ جزء في المليون. وهذا يماثل تغيرا في التوازن من حوالي ١٢ بالمائة في حالة الماء – مثل مياه النيل – الذي يحتوي على حوالي ١٧٠ جزء في المليون من المادة المذابة، او حوالي ثلاثة أضعاف أكبر نسبتيْ تغيير من المذكورة بالأعلى.

(١٨) ان التفاصيل لعام ١٩٠٦ ما هي إلا أرقام تقريبية.

(١٩) خليط من حوالي ١٤ جزء من نيترات الأمونيوم مع ٨٦ جزء من كبريتات الأمونيوم.

(٢٠) خليط من حوالي ٤٦ جزء من نيترات الأمونيوم مع ٥٤ جزء من كربونات الكالسيوم.